Cat. No. E02E-DE-01

Gesamtlösungen für die industrielle Sicherheit

HANDBUCH FÜR SICHERHEITSANWENDUNGEN

Advanced Industrial Automation

OMRON

Handbuch für Sicherheitsanwendungen
© OMRON Europe B.V, 2003

Haftungsausschluss

OMRON behält sich das Recht vor, Informationen in diesem Handbuch ohne vorherige Ankündigung zu ändern oder zu ergänzen. Für Fehler oder Auslassungen wird keine Verantwortung übernommen. Für die sichere Installation und Bedienung von OMRON Produkten bleibt der Anwender verantwortlich.
Die in diesem Handbuch enthaltenen Schaltskizzen und Empfehlungen sind nur allgemeiner Natur. Der Anwender übernimmt die alleinige Verantwortung dafür, dass die jeweilige Anwendung allen anwendbaren gesetzlichen Vorschriften und Auflagen im vorgesehenen Verwendungsland entspricht.

Inhalt **Seite**

Kapitel 1

1.0	Hintergrund	1
1.1	Notwendigkeit der Maschinensicherheit	1
1.2	Angesprochener Personenkreis	1

Kapitel 2

2.0	Grundlagen	2
2.1	Europäische Gesetzgebung	2
2.2	CE-Zertifizierung	2
2.3	Maschinenrichtlinie	2
2.3.1	Grundlegende Sicherheitsanforderungen	3
2.4	Harmonisierte europäische Normen	3
2.5	Produkthaftung	5

Kapitel 3

3.0	Gewährleisten der Sicherheit	6
3.1	Risikobeurteilung	6
3.2	Kategorien	7
3.3	Risikoanalyse	8
3.4	Validierung	10
3.5	Dokumentation	11

Kapitel 4

4.0	NOT-AUS-Anwendungen	12
4.1	Relevante Normen für die NOT-AUS-Funktion: EN 418, EN 60204, EN 1037	12
4.2	Anforderungen an NOT-AUS-Einrichtungen	13
4.3	Schaltpläne	14
4.3.1	Einkanaleingang, Kategorie 1	14
4.3.2	Zweikanaleingang, Kategorie 3	15
4.3.3	Zweikanaleingang, Kategorie 4	15
4.3.4	NOT-AUS-Einrichtung mit Zweikanaleingang als SPS-Baugruppe, Kategorie 4	16
4.4	Konfiguration mit NOT-AUS-Taster und Sicherheitslichtgitter	17
4.5	Produkte für NOT-AUS-Einrichtungen	18

Kapitel 5

5.0	Türüberwachung und -verriegelung	19
5.1	Die Normen EN 1088 und EN 1037	19
5.2	Anforderungen an Türüberwachungseinrichtungen	20
5.3	Anforderungen an Türverriegelungseinrichtungen	20
5.4	Schaltpläne	21
5.5	Produkte für die Türüberwachung und -verriegelung	23

Kapitel 6

6.0	Zweihandschaltungen	25
6.1	EN 574 und EN 999	25
6.1.1	Grundlegende Anforderungen an Zweihandschaltungen nach EN 574	25
6.1.2	Berechnung des erforderlichen Sicherheitsabstands nach EN 999	28
6.2	Anforderungen an Zweihandsteuerungen	29
6.3	Schaltpläne	29
6.3.1	Standard-Zweihandschaltung	29
6.3.2	Zweihandschaltung mit Erweiterungsmöglichkeit für ein zweites Zweihandbedienpult	30
6.3.3	Zweihandschaltung mit Erweiterungsmöglichkeit für einen Sicherheitstürschalter	31
6.4	OMRON Produkte für Zweihandschaltungen	32

Kapitel 7

7.	Lichtgitter	33
7.1	EN 61496 und EN 999	33
7.1.1	Beispiele für die Berechnung des Sicherheitsabstands	35
7.2	Finger- und Handschutzsysteme	35
7.2.1	AOPD Typ 4	36
7.2.2	AOPD Typ 2	37
7.3	Körperschutzsysteme	37
7.3.1	Mehrstrahlsensoren Typ 4	38
7.3.2	Einzelstrahlsensoren Typ 2	38
7.4	Muting-Anwendungen	39
7.5	Anwendungen mit Ausblendung	42
7.6	Taktsteuerung	43
7.7	Produkte für Sicherheitssensoranwendungen	44

Kapitel 8

8.0	Sichere Netzwerke	45
8.1	Sicherheitsnetzwerke und -bussysteme	45
8.2	CIP Safety® / DeviceNet Safety®	46

Kapitel 9

9.0	Glossar	47
9.1	Definitionen	47
9.2	Richtlinien und Normen	49
9.3	Literatur und Links	51

1.0 Hintergrund

Die Europäische Union ist einer der weltweit wichtigsten Wirtschaftsräume.
Im Rahmen ihrer täglichen Arbeit werden Jahr für Jahr 4,8 % der in der Industrie Beschäftigten (ca. 10 Millionen Personen) Opfer von Betriebsunfällen, 0,17 % aller Beschäftigten erleiden gar schwere Verletzungen oder kommen zu Tode (8000 Todesfälle sind jährlich zu beklagen).

Ursächlich für diese Unfälle sind zum einen Fahrlässigkeit und zum anderen eine unzureichende Maschinensicherheit.

Zur Verbesserung des Sicherheitsniveaus sowie zur Beseitigung von Handelshemmnissen innerhalb der Europäischen Gemeinschaft wurde 1992 mit dem Vertrag von Maastricht die Harmonisierung der europäischen Gesetzgebung eingeleitet.
Die Artikel 100a und 118a (konsolidiert in den Artikeln 95 und 137 des Vertrags von Amsterdam von 1997) dieses Vertrages regeln die Maschinensicherheit und den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz.

Dieses Sicherheitshandbuch soll als Leitfaden für die Umsetzung und Einhaltung der Maschinenrichtlinie 98/37/EG dienen.

Zusätzlich legt die Richtlinie 89/655/EEC (ergänzt durch die Richtlinie 95/63/EG) „Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit“ Mindestanforderungen an die Arbeitssicherheitsgesetzgebung in der EU fest.

Ergänzend zur Maschinenrichtlinie sind je nach Anwendung noch weitere Richtlinien zu beachten (siehe Kapitel 8).

1.1 Notwendigkeit der Maschinensicherheit

Die Sicherheit von Personen, Sachen und Tieren hat bei der Konstruktion, Produktion und Anwendung von Maschinen oberste Priorität.
Die Maschinenrichtlinie 98/37/EG legt die wesentlichen Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen an Maschinen und Sicherheitskomponenten fest.

Neben der allgemeinen ethischen Verpflichtung ist die Einhaltung dieser grundlegenden Anforderungen für den Handel mit und die Anwendung von Maschinen innerhalb der EU unabdingbar.

Auch nur für die interne Anwendung konstruierte und gebaute Maschinen müssen der Maschinenrichtlinie entsprechen und das CE-Zeichen tragen.

1.2 Angesprochener Personenkreis

Dieses Sicherheitshandbuch richtet sich an alle Personen, die zu einem beliebigen Zeitpunkt der Lebensdauer von Maschinen auf irgend eine Weise mit diesen zu tun haben.

Für alle mit der Konstruktion, Herstellung, Anwendung, Wartung und Zulassung von Maschinen befassten Personen dürfte sich dieses Handbuch als nützlich erweisen.
Die folgenden Personengruppen stellen naturgemäß die Hauptzielgruppe dar:

Konstrukteure
Hersteller
Schaltschrankbauer
Monteure
Wartungs- und Servicepersonal
Anwender und Anlagenbetreiber
Händler

2.0 Grundlagen

Die Mitgliedsstaaten der Europäischen Gemeinschaft (EG) – dieser Name wurde mit der Unterzeichnung des die Europäische Union (EU) begründenden Vertrags von Maastricht am 7. Februar 1992 geändert – stimmten von Anfang an darin überein, dass die Sicherheitsanforderungen für eine Vielzahl von Produkten in den Mitgliedsstaaten (sowie in den Ländern des Europäischen Wirtschaftsraums – EWR) harmonisiert werden müssen. Der im Vertrag von Amsterdam durch Artikel 95 ersetzte Artikel 100a ist Ausdruck dieser gemeinsamen Sichtweise.
In diesem Kapitel geben wir Ihnen einen Überblick über die rechtlichen Aspekte der Maschinensicherheit.

2.1 Europäische Gesetzgebung

Einer der Kernpunkte der europäischen Regulierungsbemühungen betraf den Maschinensektor. Diese Bemühungen wurden bereits Ende der 1980er Jahre intensiviert. Die relevante EU-Richtlinie – die so genannte Maschinenrichtlinie – wurde Mitte 1989 vom Rat angenommen und verabschiedet und seither durch drei Ergänzungen (91/368/EWG, 93/44/EWG und 93/68/EWG) erweitert. Zwischenzeitig wurde die konsolidierte Fassung 98/37/EG verabschiedet. Sobald die Grundzüge der geplanten Richtlinie erkennbar wurden, hoben CEN und CENELEC ein umfassendes, wohl durchdachtes Programm zur Entwicklung von Normen zur Unterstützung der Richtlinie aus der Taufe.

2.2 CE-Zertifizierung

Das CE-Zeichen fungiert quasi als Reisepass für Waren in Europa.
Sofern die folgenden Bedingungen erfüllt sind, müssen die Mitgliedsstaaten den freien Handel, die Inbetriebnahme und die Nutzung von Maschinen zulassen:

- Die Maschinen (im Sinne von „Einzelmaschine“, „Gesamtheit von Maschinen“, „Anlagen“ und „Auswechselbare Ausrüstung“) sind mit der CE-Kennzeichnung versehen und werden mit der jeweiligen EG-Konformitätserklärung geliefert.
- „Sicherheitsbauteilen“ ist die EG-Konformitätserklärung beigefügt.
  Derartige Komponenten müssen nicht mit CE-Kennzeichnung versehen sein.
- „Maschinen, die nicht unabhängig funktionieren können“ und als Teil einer Gesamtheit von Maschinen vorgesehen sind, ist eine Herstellererklärung beigefügt. Derartige Maschinen müssen nicht mit CE-Kennzeichnung versehen sein.
- Für eine gültige EG-Konformitätserklärung sind neben der Maschinenrichtlinie möglicherweise weitere Richtlinien (z. B. Niederspannungsrichtlinie und EMV-Richtlinie) zu berücksichtigen.

2.3 Maschinenrichtlinie

Bedingt durch die Definition des Begriffs „Maschinen“ in der Maschinenrichtlinie hat diese einen sehr weiten Geltungsbereich.
Die Maschinenrichtlinie enthält jedoch eine Liste von Maschinen und technischen Produkten wie Aufzügen, Seilbahnen und Straßenfahrzeugen, die von der Richtlinie ausgenommen sind, da sie unter eine andere Gemeinschaftsrichtlinie oder in andere Zuständigkeiten fallen.
Nach der Begriffsfassung der Maschinenrichtlinie umfasst die Produktgruppe „Maschinen“ nahezu alle beweglichen und unbeweglichen, von Hand geführten und in der Hand gehaltenen Maschinen für die Verarbeitung, Behandlung, Verpackung und Beförderungen von Materialien und Gütern.

2.3.1 Grundlegende Sicherheitsanforderungen

Die in der Maschinenrichtlinie aufgeführten grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen sind bindend.
Es ist jedoch möglich, dass die damit gesetzten Ziele beim gegebenen Stand der Technik nicht erreicht werden. In diesem Fall muss die Maschine soweit wie irgend möglich auf diese Ziele hin konzipiert und gebaut werden.
„Gefahrenbereich“ bezeichnet den Bereich innerhalb und/oder im Umkreis einer Maschine, in dem die Sicherheit oder die Gesundheit einer Person durch den Aufenthalt in diesem Bereich gefährdet wird.
„Gefährdete Person“ bezeichnet eine Person, die sich ganz oder teilweise in einem Gefahrenbereich befindet.
„Bedienpersonal“ bezeichnet die Person(en), die für Installation, Betrieb, Rüsten, Wartung, Reinigung, Störungsbeseitigung und Transport einer Maschine zuständig ist (sind).

Durch die Bauart der Maschine muss gewährleistet sein, dass Betrieb, Rüsten und Wartung bei bestimmungsgemäßer Verwendung ohne Gefährdung von Personen erfolgen.
Die Maßnahmen müssen darauf abzielen, Unfallrisiken während der voraussichtlichen Lebensdauer der Maschine, einschließlich der Zeit, in der die Maschine montiert und demontiert wird, selbst in solchen Fällen auszuschließen, in denen sich die Unfallrisiken aus vorhersehbaren ungewöhnlichen Situationen ergeben.

2.4 Harmonisierte europäische Normen

„Richtlinien“ enthalten grundlegende Sicherheitsanforderungen oder andere im allgemeinen Interesse stehende Anforderungen (im Folgenden als „grundlegende Anforderungen“ bezeichnet); diese Bestimmungen sind bindend. „Harmonisierte Normen“ legen technische Bestimmungen fest, bei deren Anwendung eine Übereinstimmung der Produkte mit den grundlegenden Anforderungen angenommen werden kann; diese sicherheitsbedingten Festlegungen sind nicht bindend.
In den harmonisierten Normen festgelegte „Technische Bestimmungen“ sind nicht bindend; ihre Anwendung stellt die Einhaltung der entsprechenden grundlegenden Anforderungen sicher.
Von einem Produkt, das den Bestimmungen einer im Amtsblatt der EG veröffentlichten harmonisierten Norm entspricht, ist anzunehmen, dass es die entsprechenden grundlegenden Anforderungen erfüllt.
In Übereinstimmung mit dem „Neuen Konzept“ stehende Richtlinien beschreiben die Schutzziele (grundlegende Anforderungen), denen das jeweilige Produkt bei Inverkehrbringung entsprechen muss. Sie legen außerdem unter Zugrundelegung der durch die Richtlinie behandelten Gefährdungen das (die) Verfahren für die EU-Konformitätserklärung für das jeweilige Produkt fest.

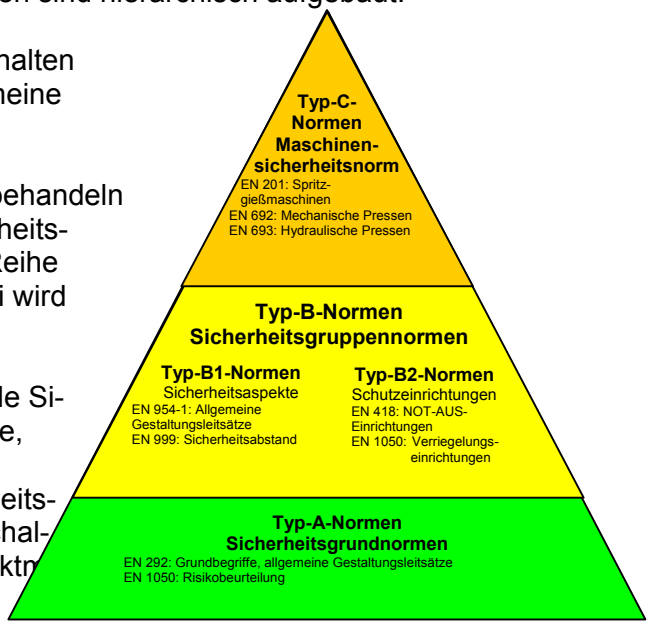
Der Hersteller hat durch entsprechende Konzeption, Konstruktion und Produktion seiner Produkte sicherzustellen, dass diese die Schutzziele erfüllen. Hersteller dürfen unter allen Umständen nur solche Produkte in Verkehr bringen, die den in den Richtlinien festgelegten grundlegenden Anforderungen genügen.
Ob und wann ein Produkt den grundlegenden Anforderungen genügt, hängt von der Natur des jeweiligen Produkts, seines Anwendungsbereichs und den damit verbundenen konkreten Risiken ab. Normen, insbesondere produktspezifische Normen, können hierbei einen Anhalt geben. Maßgeblich sind meist die nationalen, an die harmonisierten Normen angelehnten Normen (DIN in Deutschland, BSI in Großbritannien, AFNOR in Frankreich, UNI in Italien, SN in der Schweiz usw.).

Die harmonisierten europäischen Sicherheitsnormen sind hierarchisch aufgebaut:

- **Typ-A-Normen** (Sicherheitsgrundnormen) enthalten Grundbegriffe, Gestaltungsleitsätze und allgemeine Aspekte, die für alle Maschinen gelten.

- **Typ-B-Normen** (Sicherheitsgruppennormen) behandeln einen Sicherheitsaspekt oder einen Typ sicherheitsbezogener Einrichtungen, der für eine ganze Reihe von Maschinen verwendet werden kann. Dabei wird unterschieden:

  - **Typ-B1-Normen** beziehen sich auf spezielle Sicherheitsaspekte (z. B. Sicherheitsabstände, Oberflächentemperaturen, Lärm).
  - **Typ-B2-Normen** beziehen sich auf sicherheitsbezogene Einrichtungen (z. B. Zweihandschaltungen, Verriegelungseinrichtungen, Kontaktmten, trennende Schutzeinrichtungen).



- **Typ-C-Normen** (Maschinensicherheitsnormen) enthalten detaillierte Sicherheitsanforderungen für eine bestimmte Maschine oder Gruppe von Maschinen.

Typ A:	EN 292-1	Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodik
	EN 292-2	Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Technische Leitsätze und Spezifikationen
	EN 1050	Sicherheit von Maschinen – Leitsätze zur Risikobeurteilung
Typ B1:	EN 999	Sicherheit von Maschinen – Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen
	EN 954-1	Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
	EN 60204-1	Elektrische Ausrüstung von Maschinen Teil 1: Allgemeine Anforderungen
Typ B2:	EN 418	Not-Aus-Einrichtungen, funktionelle Aspekte – Gestaltungsleitsätze
	EN 574	Zweihandschaltungen, funktionelle Aspekte – Gestaltungsleitsätze
	EN 1088	Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl
	EN 61496-1	Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen
	EN 60947-1	Niederspannungs-Schaltgeräte und -Steuergeräte Teil 1: Allgemeine Festlegungen
Typ C:	EN 81-1/-2	Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von elektrischen/hydraulischen Personen- und Lastenaufzügen sowie Kleingüteraufzügen
	EN 115	Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Fahrtreppen und Fahrsteigen
	EN 201	Gummi- und Kunststoffmaschinen – Spritzgussmaschinen – Sicherheitsanforderungen
	EN 415	Sicherheit von Verpackungsmaschinen
	EN 692	Mechanische Pressen – Sicherheit
	EN 693	Hydraulische Pressen – Sicherheit
	EN 1010	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen

2.5 Produkthaftung

Die Produktsicherheitsrichtlinie und die Produkthaftungsrichtlinie ergänzen einander, haben jedoch keinen identischen Geltungsbereich. So besagt beispielsweise die Produktsicherheitsrichtlinie explizit, dass ein der Richtlinie nicht genügendes Produkt, gegen dessen Hersteller Maßnahmen eingeleitet wurden, nicht automatisch als defekt im Sinne der Produkthaftungsrichtlinie anzusehen ist. Allerdings kann mit einer gewissen Berechtigung angenommen werden, dass eine Verletzung der Produktsicherheitsrichtlinie ein Gericht überzeugen würde, eine Haftung des Herstellers im Sinne der Produkthaftungsrichtlinie festzustellen.

Eine weitere Unsicherheit in der Beziehung zwischen Produkthaftungsrichtlinie und Produktsicherheitsrichtlinie ist darin zu sehen, dass die erstgenannte Richtlinie auf nahezu alle Produkte Anwendung findet, während die letztere nur neue, gebrauchte und wiederaufbereitete Produkte betrifft, die für Verbraucher bestimmt sind oder unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen von Verbrauchern benutzt werden könnten. Trotz dieser restriktiven Formulierung herrscht bei den Experten Uneinigkeit, ob die Produktsicherheitsrichtlinie tatsächlich nur Verbrauchsgüter betrifft oder auch auf der Maschinenrichtlinie unterliegende Maschinen anzuwenden ist. Die Produktsicherheitsrichtlinie besagt unzweideutig, dass ihre Bestimmungen weiterhin für alle Produkte Geltung haben, die nicht anderen Regeln des EU-Rechts unterliegen. Um auf der sicheren Seite zu sein, muss ein Hersteller daher die jeweiligen Bestimmungen aller sein Produkt betreffenden Richtlinien miteinander vergleichen. Bestimmte Bestimmungen der Produktsicherheitsrichtlinie können folglich auch bei Maschinen Anwendung finden.

Die Produktsicherheitsrichtlinie kann beachtliche Auswirkungen auf Hersteller von Verbrauchsgütern haben. Der Richtlinie nicht genügende Produkte können von bestimmten europäischen Märkten ausgeschlossen oder aus dem Verkehr gezogen werden. Trotz der anderslautenden Aussage der Produktsicherheitsrichtlinie können Verletzungen der Richtlinie von nationalen Gerichten als Begründung für die Feststellung einer Gefährdungshaftung im Sinne der Produkthaftungsrichtlinie dienen.

3.0 Gewährleisten der Sicherheit

Heutzutage ist es nicht mehr so, dass sich der zuständige Maschinen- oder Prozessentwickler zunächst Gedanken über die Produktionsanforderungen macht und sich erst später um die Sicherheit kümmert, sondern er betrachtet diese beiden Faktoren als Ganzes. Die Gesetzgebung macht es erforderlich, dass Maschinen- und Prozessentwurf die festgelegten Normen und Bestimmungen erfüllen.

Verschiedenartige Maschinen sind mit verschiedenartigen Risiken verknüpft, und diese Risiken müssen während der gesamten Lebensdauer der Maschine – vom Entwurf und Bau über die Verwendung bis zur Stilllegung – angemessen berücksichtigt werden.

Die Risikobeurteilung besteht gemäß EN 1050 aus einer Reihe logischer Schritte, die Konstrukteuren und Sicherheitstechnikern das systematische Prüfen von Gefährdungen, die mit der Verwendung der Maschine einhergehen, ermöglichen, sodass geeignete Sicherheitsmaßnahmen ausgewählt werden können.

3.1 Risikobeurteilung

EN 1050: Sicherheit von Maschinen – Leitsätze zur Risikobeurteilung

Das Hauptziel dieser Richtlinie ist die Beschreibung eines systematischen Verfahrens für die Risikobeurteilung, mit dem geeignete und einheitliche Sicherheitsmaßnahmen umgesetzt werden können. Diese können bei Entwurf, Bau, Anpassung, Verwendung und Stilllegung der Maschine zur Anwendung gelangen.

Die Sicherheit von Maschinen kann in fünf Schritten ermittelt werden. Die Durchführung der Risikobeurteilung muss dokumentiert, und diese Dokumentation muss archiviert werden.

Schritt 1 – Grenzen

- Definieren Sie die Grenzen der Maschine für alle Phasen ihrer Lebensdauer.
- Definieren Sie Einsatzzweck, ordnungsgemäßen Betrieb, vorhersehbare Missbrauchsmöglichkeiten und Fehlfunktionen.
- Definieren Sie die Anwender.

Schritt 2 – Identifizierung von Gefährdungen

- Identifizieren Sie alle Risiken in Bezug auf mögliche Schäden, seien sie mechanischer, chemischer, physikalischer, biologischer, psychologischer, ergonomischer oder sonstiger Natur.
- Identifizieren Sie alle Interaktionsrisiken – Zugangsbereiche, Ladebereiche usw.
- Identifizieren Sie Gefährdungssituationen – Maschinenversagen, Softwarefehler usw.
- Folgende Methoden können bei der Identifizierung von Gefährdungen angewendet werden:
  - Prüflisten, Brainstorming
  - Gefährdungs- und Durchführbarkeitsstudie (HAZOP – Hazard and Operability study)
  - Ausfalleffektanalyse (FMEA – Failure Mode and Effect Analysis)
  - Fehlerbaumanalyse (FTA – Fault Tree Analysis), Unfallauswertungen
  - Simulationsmethode
  - Methode zur systematischen Risikoanalyse (MOSAR – Method Organised for a Systematic Analysis of Risks)

Schritt 3 – Risikobeurteilung

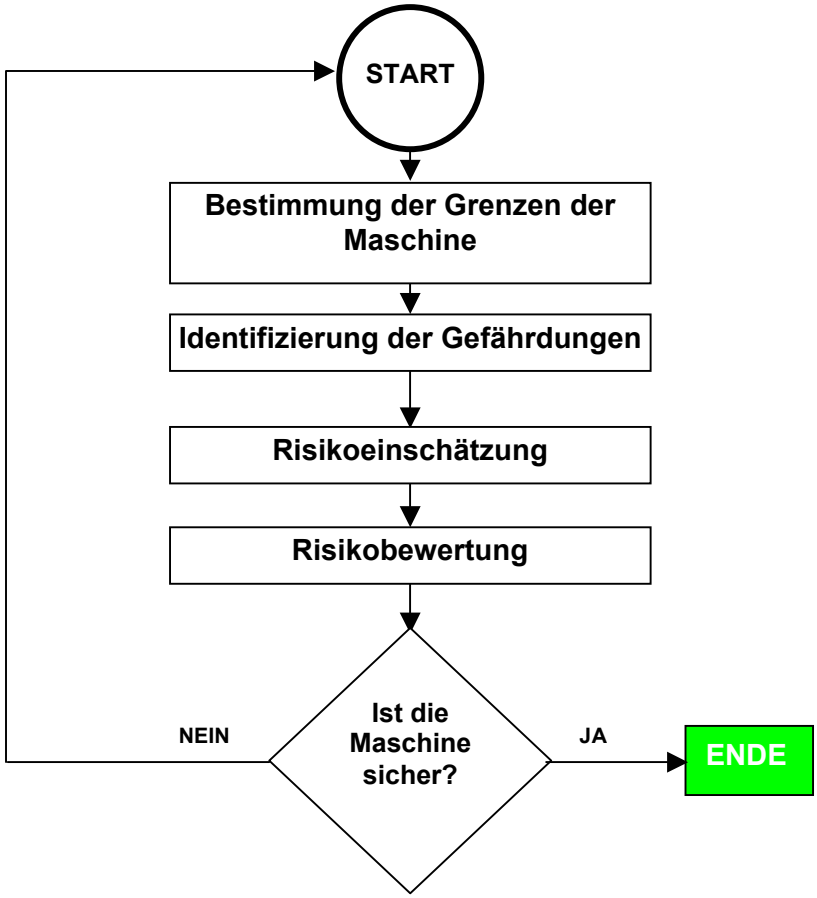
- Muss dokumentiert werden.
- Alle vorhersehbaren Faktoren müssen in Betracht gezogen werden.
- Kombination aus:
  - Schwere der Verletzung
  - Wahrscheinlichkeit des Auftretens
  - Häufigkeit der Gefahrenexposition

Schritt 4 – Risikobewertung und -minderung

- Ermittlung, ob das Ausmaß des Risikos akzeptabel ist.
- Priorisierung der Implementierung von Schutzmaßnahmen.

Schritt 5 – Risikominderung

- Eliminieren oder mindern Sie das Potenzial von Gefährdungen soweit praktisch realisierbar.
- Reduzieren Sie Wahrscheinlichkeit und Schweregrad von Verletzungen.
- Verwenden Sie Schutzeinrichtungen und -geräte.
- Bestimmen Sie die Leistungsfähigkeit und funktionalen Eigenschaften der für die Maschine und ihre Verwendung geeigneten Sicherheitsmaßnahmen.



3.2 Kategorien

EN 954: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen
Die Norm EN 954-1 beschreibt die bei Entwurf und Bau sicherheitsbezogener Teile von Steuerungssystemen und -vorrichtungen erforderliche Risikominimierung. Die Kategorien stellen eine Einteilung der sicherheitsbezogenen Teile einer Steuerung hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Fehler und ihr Verhalten im Fehlerfall dar.

Kategorie B
Die sicherheitsbezogenen Teile von Steuerungen und/oder ihre Schutzeinrichtungen sowie ihre Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den zutreffenden Normen so gestaltet, gebaut, ausgewählt, zusammengestellt und kombiniert werden, dass sie den zu erwartenden Einflüssen standhalten können.

Kategorie 1
Die Anforderungen der Kategorie B müssen erfüllt sein. Bewährte Bauteile müssen verwendet, und bewährte Sicherheitsprinzipien müssen angewendet werden.
Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens ist jedoch geringer als bei Kategorie B.

Kategorie 2
Die Anforderungen der Kategorie B müssen erfüllt sein. Bewährte Bauteile müssen verwendet, und bewährte Sicherheitsprinzipien müssen angewendet werden. Die Sicherheitsfunktion muss in geeigneten Zeitabständen durch die Maschinensteuerung geprüft werden.
Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion zwischen den Prüfungen führen. Der Verlust der Sicherheitsfunktion wird durch die Prüfung erkannt.

Kategorie 3
Die Anforderungen der Kategorie B müssen erfüllt sein. Bewährte Bauteile müssen verwendet, und bewährte Sicherheitsprinzipien müssen angewendet werden. Sicherheitsbezogene Teile müssen so gestaltet sein, dass

- ein einzelner Fehler in einem beliebigen dieser Teile nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt, und
- der einzelne Fehler erkannt wird, wann immer dies in angemessener Weise machbar ist

Kategorie 4
Die Anforderungen der Kategorie B müssen erfüllt sein. Bewährte Bauteile müssen verwendet, und bewährte Sicherheitsprinzipien müssen angewendet werden. Sicherheitsbezogene Teile müssen so gestaltet sein, dass

- ein einzelner Fehler in einem beliebigen dieser Teile nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt, und
- der einzelne Fehler bei oder vor der nächsten Anforderung an die Sicherheitsfunktion erkannt wird, oder, wenn dies nicht möglich ist, eine Anhäufung von Fehlern nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt.

3.3 Risikoanalyse

Im Rahmen einer Risikoanalyse wird basierend auf der Schwere und Wahrscheinlichkeit einer vorhersehbaren Verletzung und der Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition die Kategorie der Maschine festgelegt. Dabei gibt es Fälle, in denen die gesamte Steuerung einer Maschine einer einzigen Kategorie unterliegt, in anderen Fälle kann die Kategorisierung für einzelne Abschnitte der Steuerung unterschiedlich ausfallen.

Der informative Anhang B der Norm EN 954-1 beschreibt ein Verfahren für die Auswahl der angemessenen Kategorie für die sicherheitsbezogenen Teile einer Steuerung.
Diese vereinfachte Methode basiert auf der Norm EN 1050. Sie verwendet drei Parameter für die Bestimmung der Kategorie mittels eines Risikografs.

Parameter S: Schwere der möglichen Verletzung – S1 und S2

Zur Abschätzung des aus einem oder mehreren Ausfällen in den sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung resultierenden Risikos wird zwischen leichten (normalerweise reversiblen) und schweren (normalerweise irreversiblen, einschließlich Tod) Verletzungen unterschieden.
Zur Unterscheidung zwischen S1 und S2 müssen die üblichen Konsequenzen von Unfällen und normale Heilungsprozesse angenommen werden. So würden beispielsweise Quetschungen und Schnittwunden ohne Komplikationen als S1, der Verlust von Gliedmaßen oder der Tod von Personen als S2 klassifiziert.

Parameter F: Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition – F1 und F2

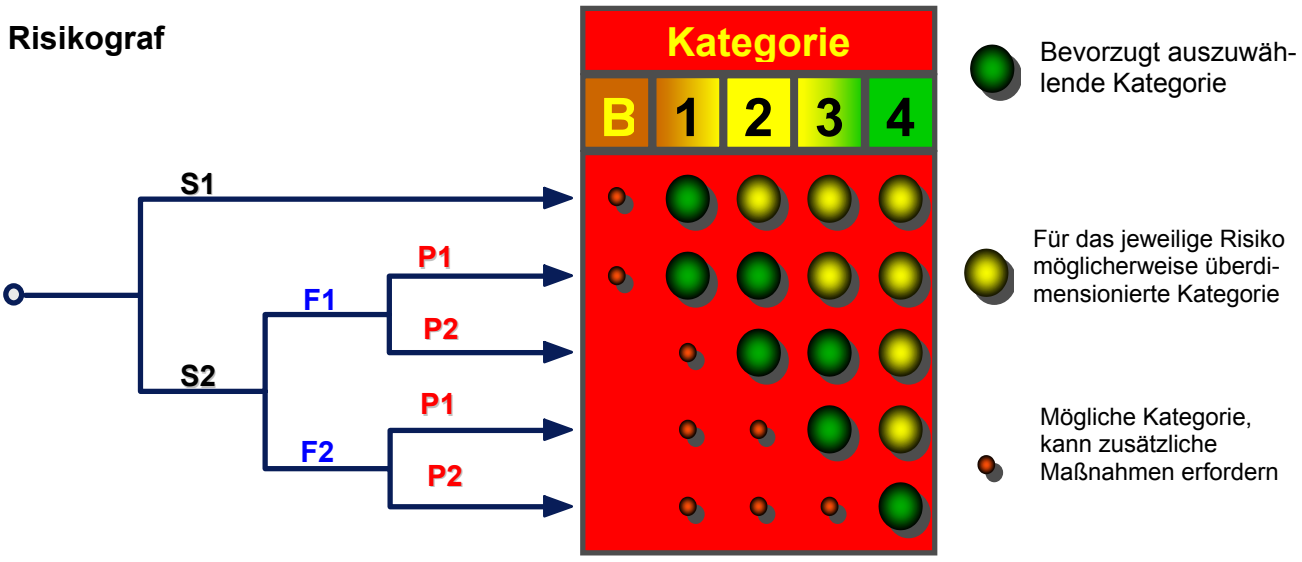
Für die Entscheidung zwischen F1 und F2 können naturgemäß keine allgemein gültigen absoluten Angaben gemacht werden. Die folgenden Erläuterungen können jedoch dazu beitragen, die Entscheidung in Zweifelsfällen zu erleichtern.
Besteht die Gefährdungsexposition häufig oder dauerhaft, ist auf jeden Fall F2 anzuwenden. Dabei ist es ohne Bedeutung, ob bei wiederholten Gefährdungsexpositionen immer dieselbe oder immer andere Personen betroffen sind (z. B. bei Verwendung eines Aufzugs).
Die Dauer der Gefährdungsexposition muss anhand eines Mittelwerts bewertet werden, der in Relation zur Gesamtdauer der Maschinennutzung zu setzen ist. Muss beispielsweise während des zyklischen Betriebs regelmäßig zwischen die Werkzeuge der Maschine gegriffen werden, um Werkstücke zuzuführen oder zu verschieben, ist F2 anzuwenden. Ist jedoch nur von Zeit zu Zeit ein Eingreifen erforderlich, kann F1 angewandt werden.

Parameter P: Möglichkeit einer Gefährdungsvermeidung – P1 und P2

Beim Eintreten einer Gefährdung ist es wichtig zu wissen, ob diese erkannt werden kann und ob diese vermieden werden kann, bevor es zu einem Unfall kommt. So ist es beispielsweise eine wichtige Erwägung, ob die Gefährdung anhand ihrer physikalischen Eigenschaften unmittelbar erkannt werden kann oder ob nur durch technische Mittel (z. B. Anzeigen) auf die Gefährdung aufmerksam gemacht werden kann. Weitere wesentliche Aspekte für die Unterscheidung zwischen P1 und P2 sind:
- Überwachter oder unüberwachter Betrieb
- Bedienung durch Fachkräfte oder durch ungeschultes Personal
- Geschwindigkeit, mit der die Gefährdung eintritt (schnell oder langsam)
- Möglichkeiten der Gefährdungsvermeidung
- Praktische Sicherheitserfahrungen mit dem Prozess

P1 darf nur angewandt werden, wenn eine realistische Change besteht, einen Unfall zu vermeiden oder seine Auswirkungen zu vermindern. Besteht keine realistische Chance, beim Eintreten einer Gefährdung einen Unfall zu verhindern, ist auf jeden Fall P2 anzuwenden.

Risikograf



3.4 Validierung

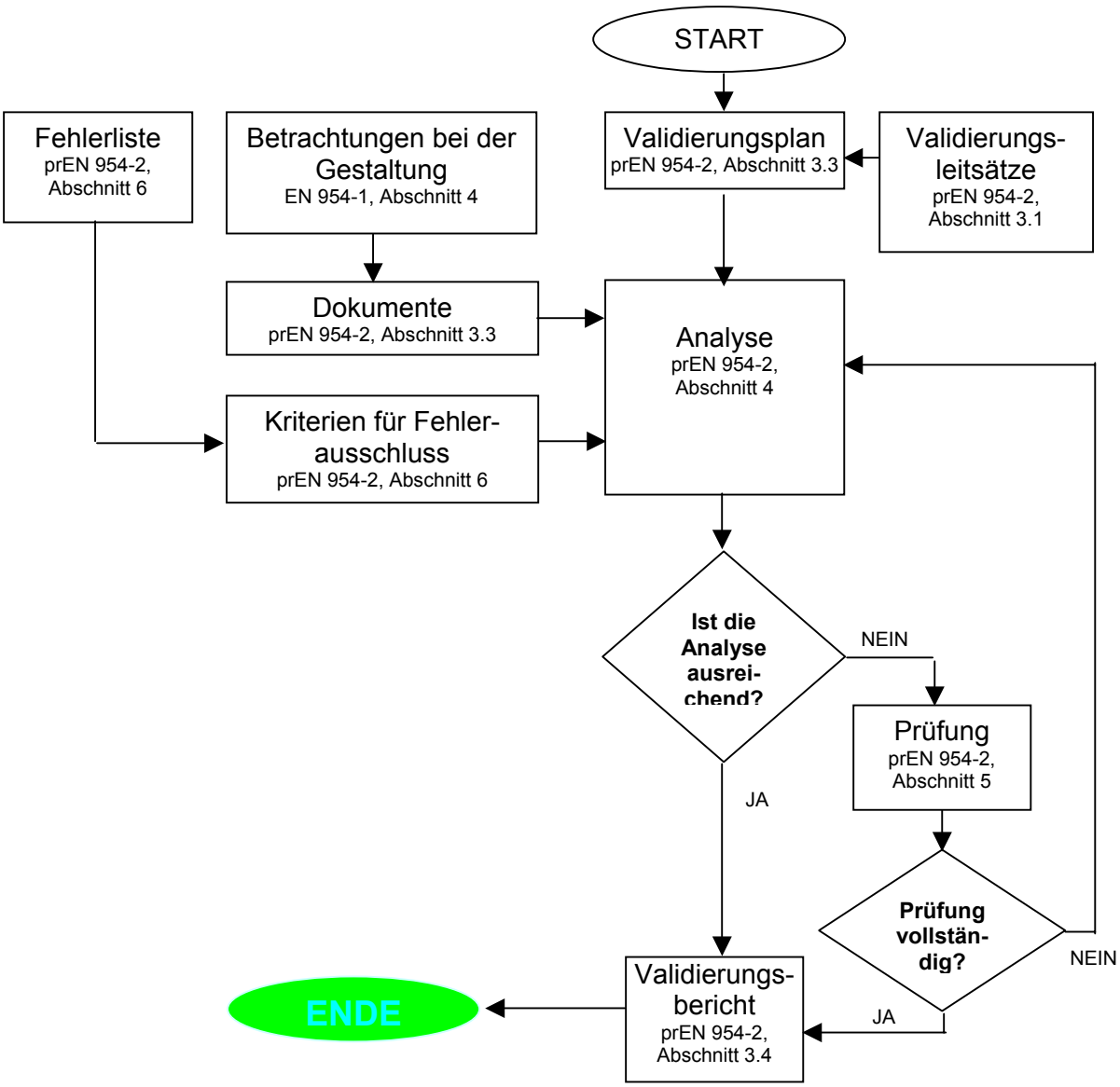
Zielsetzung der Validierung ist es festzustellen, in welchem Maß die sicherheitsbezogenen Teile der Steuerung entsprechend ihren technischen Daten den generellen Sicherheitsanforderungen der Maschine entsprechen. Die Validierung umfasst Prüfungen und Analysen entsprechend dem Validierungsplan.
Die Konstruktion der sicherheitsbezogenen Teile der Steuerung muss validiert werden.
Im Rahmen der Validierung soll festgestellt werden, dass die sicherheitsbezogenen Teile

- alle Anforderungen der angegebenen Kategorie und
- die im Konstruktionsprinzip begründeten und für das Teil festgelegten Sicherheitseigenschaften erfüllen.

Die Validierung der sicherheitsbezogenen Teile einer Steuerung muss die folgenden Elemente beinhalten:

- Auswahl der Validierungsstrategie (ein Validierungsplan)
- Verwaltung und Durchführung der Validierungsaktivitäten (Prüfspezifikationen, Prüfverfahren, Analyseverfahren)
- Dokumentation (prüffähige Berichte zu allen Validierungsaktivitäten und Entscheidungen)

Die Norm prEN 954-2 (Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 2: Validierung) beschreibt den Vorgang der Validierung und enthält Verfahrensbeschreibungen möglicher Validierungen für mechanische, pneumatische, hydraulische und elektrische Systeme.
Das folgende Ablaufdiagramm (Validierungsplan) illustriert das Prinzip der Validierung.



3.5 Dokumentation

Es muss eine technische Dokumentation mit folgendem Inhalt angelegt werden:

- Zeichnungen, Steuerkreispläne, Berechnungen, Prüfergebnisse, berücksichtigte Bestimmungen der EMV- und Niederspannungsrichtlinie
- Liste der berücksichtigten grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen sowie anderer relevanter Normen und technischer Spezifikationen
- Details der Lösungen, die zur Verhütung der von der Maschine ausgehenden Gefährdungen gewählt wurden, sowie Daten zur Risikobeurteilung
- Sofern erforderlich ein Prüfbericht/Zertifikat von einer zuständigen Stelle
- Ein Exemplar der Bedienungsanleitung
- Bei Serienfertigung: Details zu den intern getroffenen Maßnahmen zur Gewährleistung der Übereinstimmung der Maschine mit den Bestimmungen der Richtlinie und den angewandten Qualitätssicherungssystemen

• Konformitätserklärung bzw. Herstellererklärung

• Das CE-Zeichen stellt eine Selbstzertifizierung dar. Durch Anbringen des CE-Zeichens bescheinigt der Hersteller, dass alle relevanten rechtlichen Anforderungen erfüllt sind.

• Das CE-Zeichen muss deutlich, sichtbar, lesbar und abriebfest sein.

4.0 NOT-AUS-Anwendungen

Anhang I der Maschinenrichtlinie bestimmt, dass jede Maschine mit einer oder mehreren Notbefehlseinrichtungen ausgerüstet sein muss, durch die unmittelbar drohende oder eintretende gefährliche Situationen vermieden werden können. Hiervon ausgenommen sind:

— Maschinen, bei denen durch die Notbefehlseinrichtung die Gefahr nicht gemindert werden kann, da die Notbefehlseinrichtung entweder die Zeit bis zum normalen Stillsetzen nicht verkürzt oder es nicht ermöglicht, besondere, wegen der Gefahr erforderliche Maßnahmen zu ergreifen;
— in der Hand gehaltene bzw. von Hand geführte Maschinen.

Diese Befehlseinrichtung muss

— deutlich kenntliche, gut sichtbare und schnell zugängliche Stellteile haben *(EN 418: Notbefehlseinrichtungen müssen rot sein. Sofern ein Hintergrund vorhanden ist ... muss dieser gelb sein.)*;

— das möglichst schnelle Stillsetzen des gefährlichen Bewegungsvorgangs bewirken, ohne dass sich hierdurch zusätzliche Gefährdungsmomente ergeben;

— eventuell bestimmte Sicherungsbewegungen auslösen oder eine Auslösung zulassen.

Wenn die Notbefehlseinrichtung nach Auslösung eines NOT-AUS-Befehls nicht mehr betätigt wird, muss dieser Befehl durch die Blockierung der Notbefehlseinrichtung bis zu ihrer Freigabe aufrechterhalten bleiben; es darf nicht möglich sein, die Einrichtung zu betätigen, ohne dass diese einen NOT-AUS-Befehl auslöst; die Einrichtung darf nur durch eine geeignete Betätigung freigegeben werden können; durch die Freigabe darf die Maschine nicht wieder in Gang gesetzt, sondern nur das Wiederingangsetzen ermöglicht werden.

Verkettete Anlagen
Bei Maschinen oder Maschinenteilen, die für ein Zusammenwirken konzipiert sind, muss der Hersteller die Maschine so konzipieren und bauen, dass die Befehlseinrichtungen zum Stillsetzen, einschließlich der Notbefehlseinrichtung, nicht nur die Maschine stillsetzen können, sondern auch alle vor- und/oder nachgeschalteten Einrichtungen, falls deren weiterer Betrieb eine Gefahr darstellen kann.

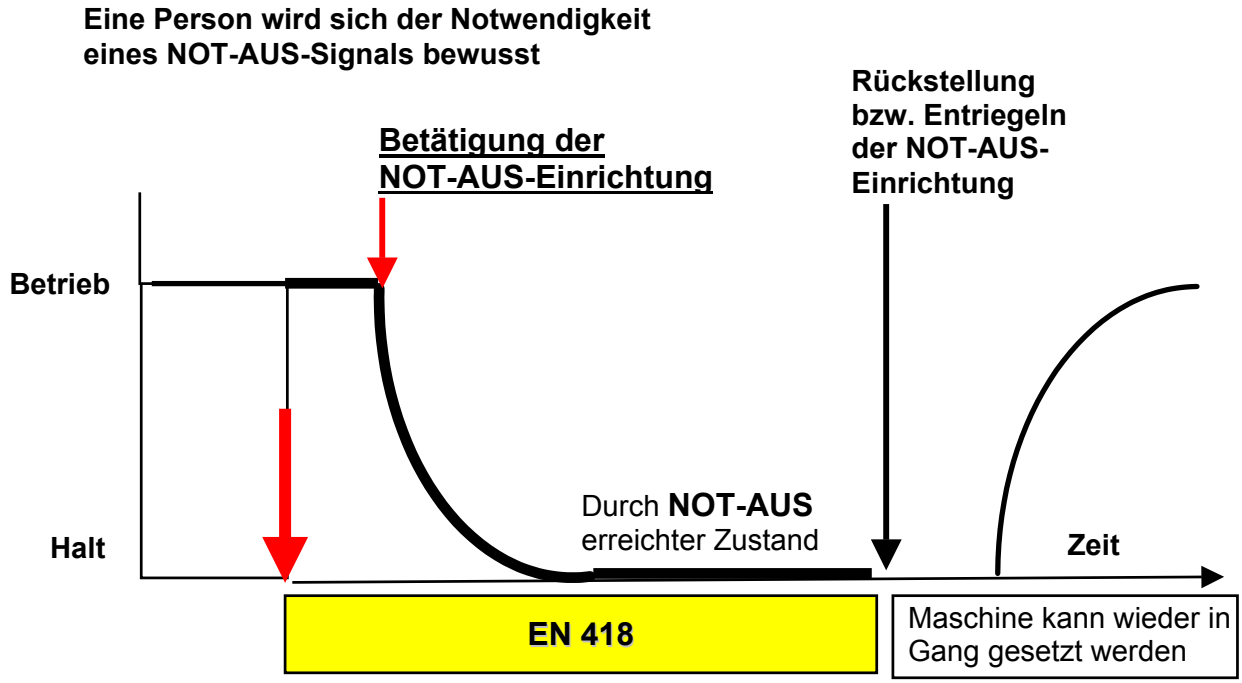
4.1 Relevante Normen für die NOT-AUS-Funktion: EN 418, EN 60204, EN 1037

Für NOT-AUS-Einrichtungen sind im Wesentlichen die Normen EN 418, EN 60204 und EN 1037 maßgeblich.

EN 418 enthält funktionelle Aspekte und Gestaltungsleitsätze, EN 60204 befasst sich mit der Sicherheit von Maschinen, speziell der elektrischen Ausrüstung von Maschinen, und EN 1037 mit der Vermeidung des unerwarteten Anlaufens von Maschinen.

4.2 Anforderungen an NOT-AUS-Einrichtungen

EN 418 legt die funktionellen Aspekte und Gestaltungsleitsätze für den Entwurf von NOT-AUS-Einrichtungen wie NOT-AUS-Tastern, Seilschaltern und Fußpedalen fest. Gemäß EN 418 konstruierte Produkte können für NOT-AUS-Einrichtungen eingesetzt werden. Die folgende Abbildung illustriert das Grundprinzip einer NOT-AUS-Einrichtung.



Gemäß EN 60204-1 werden folgende Anforderungen an eine NOT-AUS-Funktion gestellt:

- Sie muss jederzeit Vorrang vor allen anderen Funktionen und Arbeitsgängen haben.
- Sie muss möglichst schnell die Energiezufuhr der eine mögliche Gefährdung verursachenden Maschine unterbrechen, ohne dass sich hierdurch zusätzliche Gefahrenmomente ergeben.
- Die Freigabe der NOT-AUS-Funktion darf die Maschine nicht wieder in Gang setzen.

Die Norm unterteilt Anwendungen in verschiedene Stopp-Kategorien. Die Auswahl der Kategorie hängt von der Risikobeurteilung der Maschine ab:

- Stopp-Kategorie 0: Ungesteuertes Stillsetzen durch unmittelbares Abschalten der Energie
- Stopp-Kategorie 1: Kontrolliertes Stillsetzen, wobei die Energiezufuhr (der stillsetzenden Komponenten der Maschine) bis zum Stillstand erhalten bleibt und anschließend abgeschaltet wird
- Stopp-Kategorie 2: Kontrolliertes Stillsetzen, wobei die Energiezufuhr der Maschine erhalten bleibt

Speziell die Stopp-Kategorie 2 ist mit hohen Risiken verbunden, daher muss bei diesen Maschinen eine Vermeidung des unerwarteten Anlaufens nach EN 1037 berücksichtigt werden. Zusätzlich müssen auch anders als mechanisch, d. h. durch bewegliche Objekte hervorgerufene Gefährdungen (z. B. durch Laserstrahlen) berücksichtigt werden.

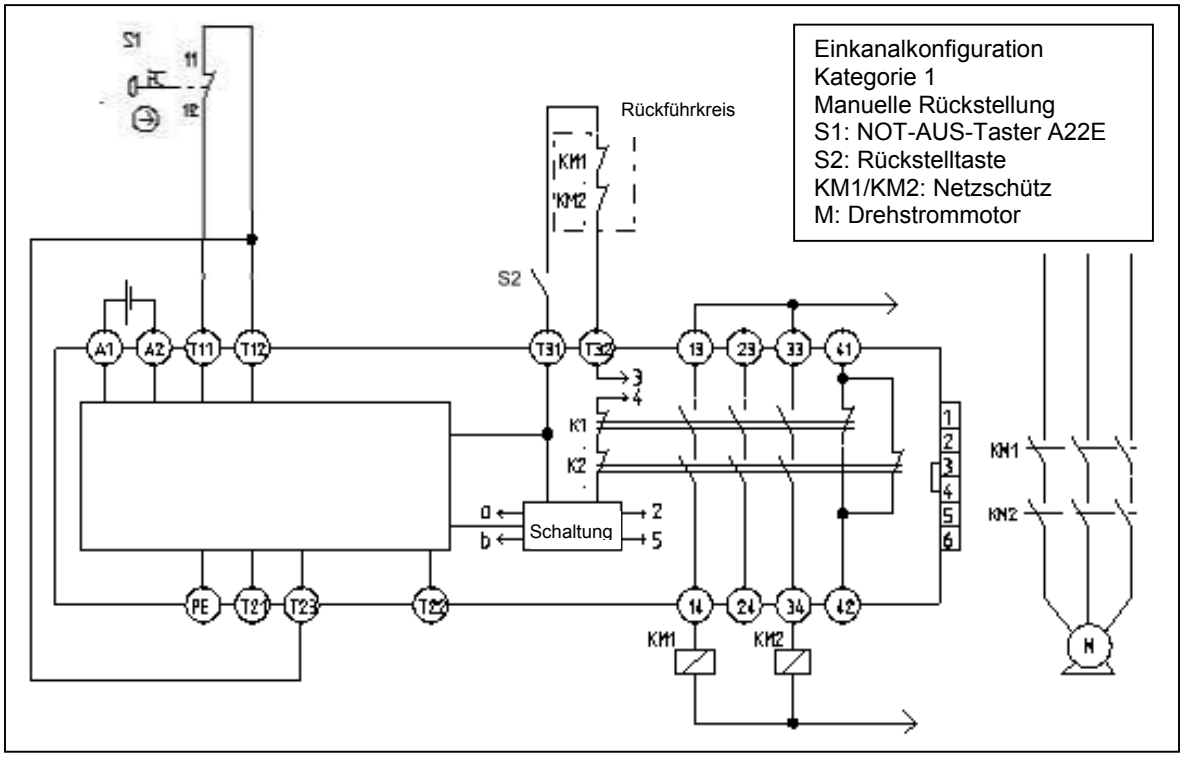
Befinden sich Personen (z. B. für Wartungsarbeiten) innerhalb von Gefahrenzonen, müssen entsprechende Vorrichtungen zur Isolierung und Energieableitung eingesetzt werden. Auch eine stillgesetzte Maschine kann noch potenzielle Energie enthalten, beispielsweise in mechanischen Komponenten, die sich aufgrund ihrer Trägheit noch bewegen oder durch Schwerkraft in Bewegung gesetzt werden können, sowie in Kondensatoren, Akkumulatoren, unter Druck stehenden Flüssigkeiten oder Federn.

4.3 Schaltpläne

Im Folgenden finden Sie einige NOT-AUS-Einrichtungen, die den verschiedenen Steuerungskategorien nach EN 954-1 entsprechen. OMRON bietet für Einrichtungen dieser Art verschiedene Serien von Sicherheitsmodulen (z. B. G9SA und G9SB) an.

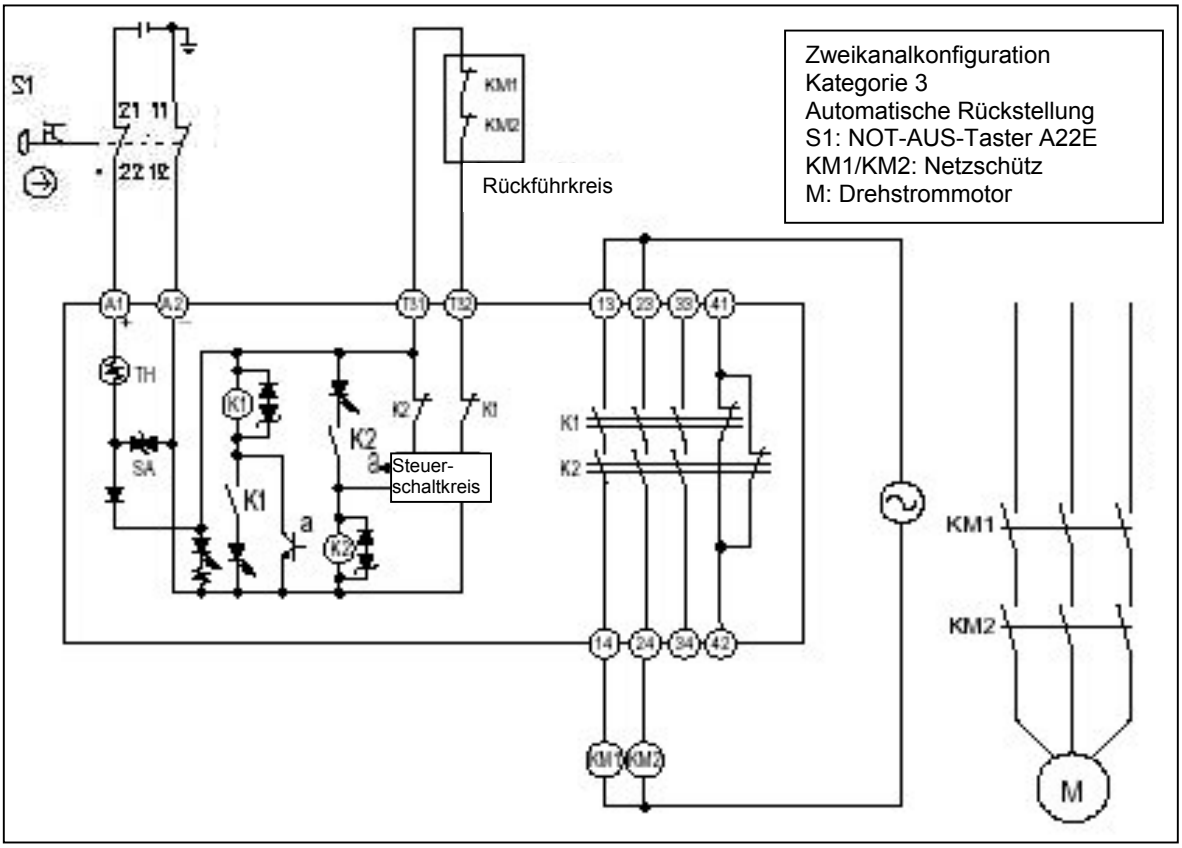
4.3.1 Einkanaleingang, Kategorie 1

Produkte: G9SA-301, A22E



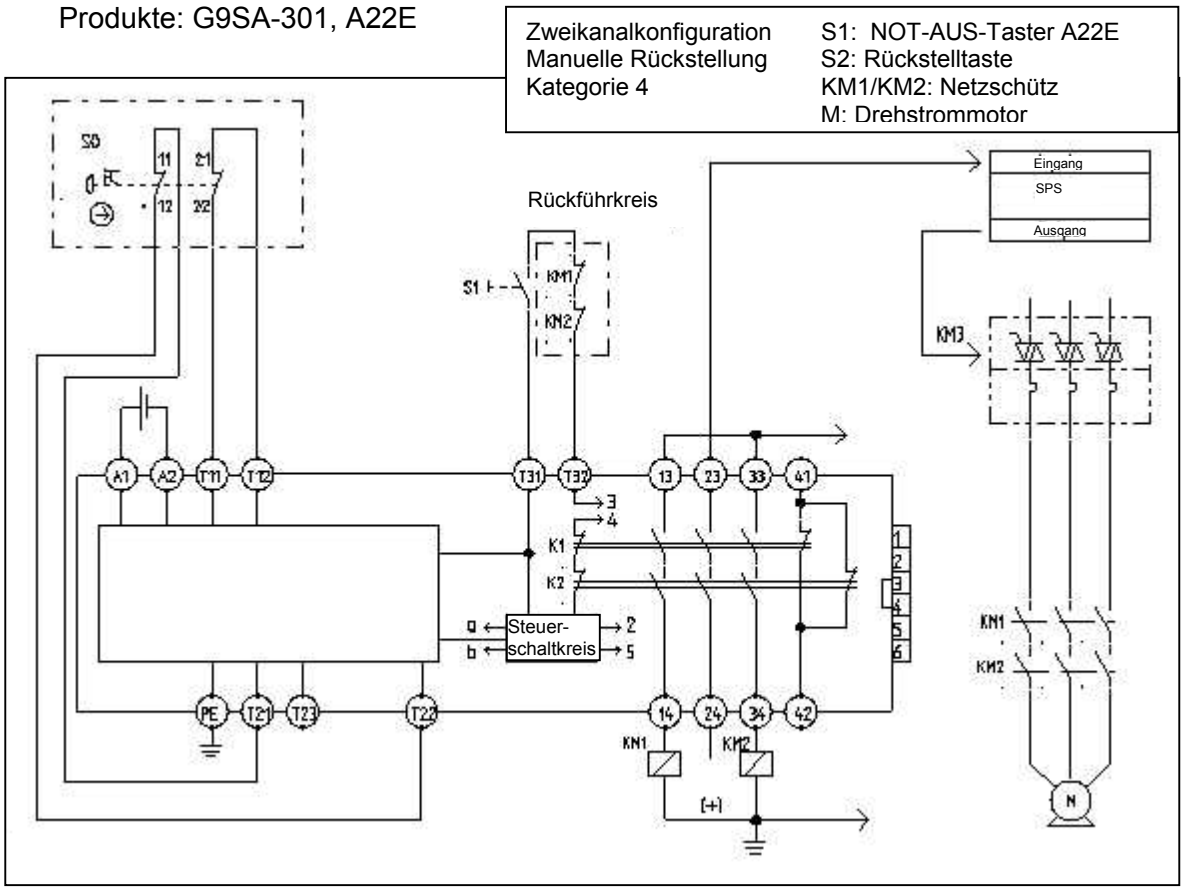
4.3.2 Zweikanaleingang, Kategorie 3

Produkte: G9SB-3010, A22E



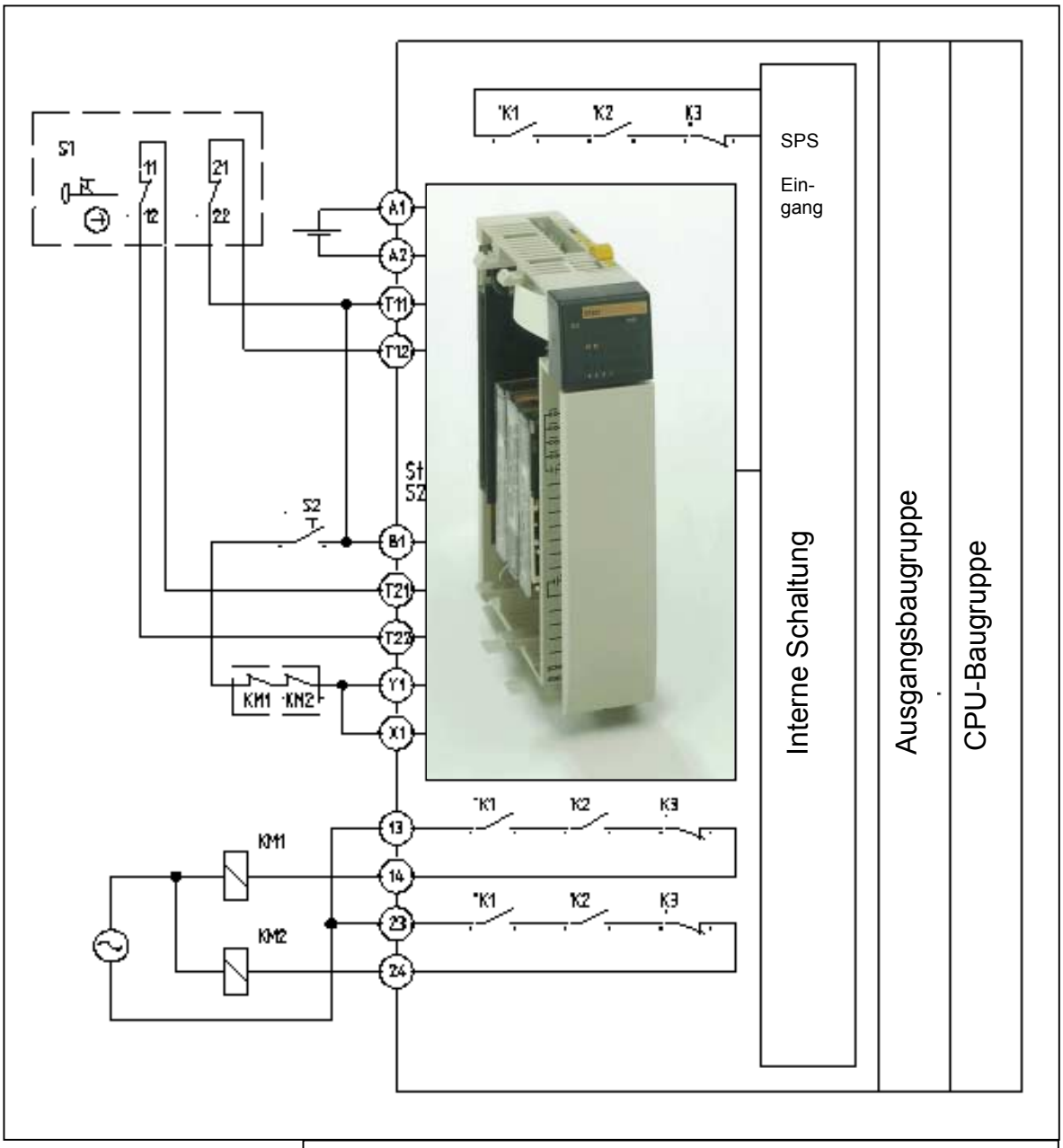
4.3.3 Zweikanaleingang, Kategorie 4

Produkte: G9SA-301, A22E



4.3.4 NOT-AUS-Einrichtung mit Zweikanaleingang als SPS-Baugruppe, Kategorie 4

Für kompakte Systeme kann der Sicherheitsschaltkreis in die SPS integriert werden. Der Sicherheitsschaltkreis selbst ist dabei als festverdrahtete Hardware ausgeführt.
Diese Variante bietet den Vorteil, dass die SPS ohne weiteren Zusatzaufwand alle sicherheitsbezogenen Signale und Ausgänge direkt überwachen kann. Die NOT-AUS-Baugruppe kann in Einrichtungen der Steuerungskategorie 4 (EN 954-1) eingesetzt werden.
Diese Baugruppe steht für die OMRON SPS-Familien CQM1H und CS1 zur Verfügung.

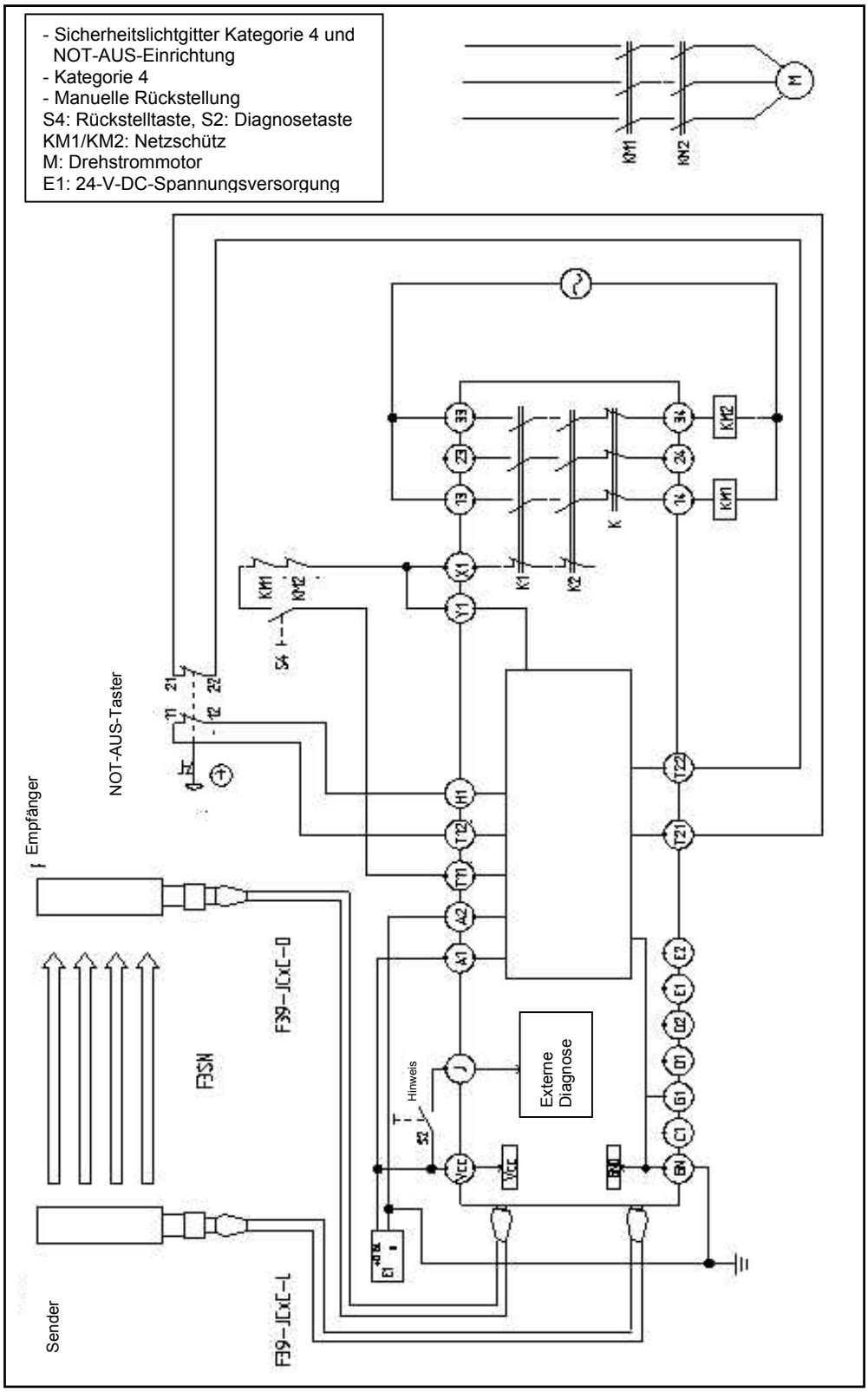


- Zweikanalkonfiguration
- Vertauschungserkennung
- Kategorie 4
- Manuelle Rückstellung

S1: NOT-AUS-Taster A22E
S2: Rückstelltaste
KM1/KM2: Netzschütz

4.4 Konfiguration mit NOT-AUS-Taster und Sicherheitslichtgitter

Soll die Anwendung bei Unterbrechung eines Sicherheitslichtgitters dasselbe Verhalten zeigen wie bei Betätigung des NOT-AUS-Tasters, kann die folgende Schaltung eingesetzt werden. Die Überwachungseinheit kann sowohl die Schaltausgänge (OSSD) des Sicherheitslichtgitters als auch die NOT-AUS-Funktion überwachen.



Hinweis:
1. Die Überwachung externer Relais sowie der Hilfsausgang sind deaktiviert.
2. Bei geöffnetem Schalter S2 herrscht Normalbetrieb. Ist S2 geschlossen, wird eine externe Diagnose durchgeführt.
3. Die Klemmen C1, D2, E1 und E2 dürfen nicht beschaltet werden.

4.5 Produkte für NOT-AUS-Einrichtungen

Drucktaster:

A165E-Serie

OMRON bietet zwei verschiedene Serien von NOT-AUS-Tastern an: A165E für Einbauöffnungen mit 16 mm Durchmesser und A22E für Einbauöffnungen mit 22 mm Durchmesser.
Die Serie A165E bietet mit nur 28,5 mm (ab Rückseite Schalttafel) die weltweit geringste Einbautiefe.

Die Serie A22E bietet folgende Vorzüge:

- Einfache Montage und Demontage
- Große Vielfalt an Betätigungstasten
- Schutz bis IP65

A22E-Serie

Beide Familien verfügen über UL/CSA-Zulassung und entsprechen den Normen EN 60947-5-1 (zwangsöffnende Kontakte) und EN 418.
Diese NOT-AUS-Taster sind auch in einer beleuchteten Ausführung lieferbar, die die Erkennung des aktivierten Tasters auf einen Blick ermöglicht.

Sicherheitsmodule

Bei Sicherheitseinrichtungen der Kategorien 3 und 4 (EN 954-1) muss die NOT-AUS-Einrichtung überwacht werden. Für diesen Zweck bietet OMRON zwei Produktfamilien an:

G9SA

G9SA ist die Basisversion, die mit speziellen Modulen erweitert werden kann.

- Drei oder fünf Ausgangskontakte (einpolige Schließer) plus ein Hilfskontakt (einpoliger Öffner)
- Basis- und Erweiterungsmodule mit verzögerten Kontakten (einpolige Schließer)
- Verzögerungszeit in 15 Schritten einstellbar von 0,5 bis 7,5 s / 1 bis 15 s / 2 bis 30 s
- Zweihandschaltungsbaugruppe
- Nur 45 mm breit (Erweiterungsmodule: 17,5 mm)
- Zulassungen: UL/CSA, BG
- Steuerungskategorie 4 nach EN 954-1 (verzögerte Kontakte: Steuerungskategorie 3)

G9SB

Das Sicherheitsmodul G9SB eignet sich für die Überwachung von NOT-AUS-, Schutz- und Sicherheitslichtgittereinrichtungen. Mit einer Breite von nur 17,5 mm bzw. 22,5 mm ist es das schmalste Sicherheitsmodul auf dem Markt.

- Zwei Ausgangskontakte (einpolige Schließer) bei einer Breite von nur 17,5 mm
- Drei Ausgangskontakte (einpolige Schließer) plus ein Hilfskontakt (einpoliger Schließer) bei einer Breite von nur 22,5 mm
- Automatische oder manuelle Rücksetzung
- Positive oder negative Eingangsbeschaltung
- Zulassungen: UL/CSA, TÜV
- Steuerungskategorie 4 nach EN 954-1 (G9SB-3010: Steuerungskategorie 3)

5.0 Türüberwachung und -verriegelung

Schalter für die Türüberwachung und -verriegelung gehören zu den wichtigsten Schutzeinrichtungen für die Verhinderung von Gefahrensituationen durch Stillsetzen der Maschine.

Wird eine Maschine durch einen Schutzzaun abgesichert, muss sichergestellt sein, dass der einzige Weg in den Gefahrenbereich durch die Schutztür führt. Wird diese geöffnet, wird die Maschine durch mechanisch betätigte Positionserfassungen gestoppt. Um die Sicherheit des Personals sicherzustellen, muss jede Schutztür des Zauns mit mechanisch betätigten Positionserfassungen (Sicherheitspositionsschalter) ausgestattet sein. Die Grundanforderung ist, dass die Maschine beim Öffnen der Tür zum Stillstand gekommen sein muss, bevor irgend jemand die gefährdenden, in Bewegung befindlichen Teile der Maschine erreichen kann.

Die wichtigsten Auswahlkriterien für Überwachungs- und Verriegelungseinrichtungen sind:

- Die Anwendungsbedingungen und der vorgesehene Verwendungszweck (EN 292-1)
- Die durch die Maschine dargestellte Gefährdung (EN 292-1)
- Der Schweregrad einer möglichen Verletzung
- Die Ausfallwahrscheinlichkeit der Verriegelungseinrichtung
- Nachlaufzeit und Zugriffszeit
- Häufigkeit des Zugriffs
- Dauer der Gefährdungsexposition
- Leistungsdaten

Schalter für die Türüberwachung und -verriegelung müssen als Öffner mit zwangsöffnenden Kontakten (EN 60947-5-1) ausgelegt sein.

Die Sicherheit eines Sicherheitsschalters steht und fällt mit seiner Fähigkeit, Versuche zur Überwindung oder Überlistung des Mechanismus abzuwehren. Sicherheitsschalter müssen so konstruiert sein, dass sie nicht mit einfachen Mitteln überlistet werden können, sie also nicht manuell oder mit gerade verfügbaren Objekten betätigt werden können. Zu derartigen Objekten zählen u. a.:

- Schrauben, Nadeln und Blechabschnitte;
- Objekte des täglichen Lebens wie Schlüssel, Münzen oder für den Betrieb der Maschine erforderliche Werkzeuge.

5.1 Die Normen EN 1088 und EN 1037

Die europäische Norm EN 1088 „Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen“ berät hinsichtlich der Auswahl und Anwendung von Verriegelungseinrichtungen. Sie muss gemeinsam mit den Normen EN 60947-5-1 für Hilfsstromschalter und EN 1037 „Vermeidung von unerwartetem Anlauf“ angewandt werden.

5.2 Anforderungen an Türüberwachungseinrichtungen

Türüberwachungseinrichtungen müssen sicherstellen, dass die Sicherheitstür den in der Risikobeurteilung (EN 1050) festgelegten Gefährdungsbereich schützt.

Die Sensoren und die Signalverarbeitung müssen den anwendbaren Normen und Richtlinien entsprechen.

- Schalter müssen alle zu erwartenden und vorhersehbaren Belastungen aushalten.
- Schalter müssen den Sicherheitsnormen entsprechen. Insbesondere müssen Sicherheitsschalter mit zwangsöffnenden Kontakten eingesetzt werden.
- Bei der mechanischen Konstruktion der Schalter und der Signalverarbeitung muss auf Redundanz geachtet werden.
- Die Signalverarbeitung muss in Übereinstimmung mit den in der Risikobeurteilung festgelegten Kategorien der Norm EN 954-1 erfolgen.

5.3 Anforderungen an Türverriegelungseinrichtungen

Ist die Nachlaufzeit größer als die Zugriffszeit (Zeit, innerhalb derer eine Person den Gefahrbereich erreicht), müssen Verriegelungseinrichtungen mit Zuhaltung eingesetzt werden.

Hierbei handelt es sich um Einrichtungen, die eine bewegliche Schutzeinrichtung (z. B. Schutztür) in der geschlossenen Position zuhalten und so in das Steuerungssystem eingebunden sind, dass

- die Maschine nicht gestartet werden kann, bevor die Schutzeinrichtung geschlossen und die Zuhaltung aktiviert ist, und
- die Schutzeinrichtung zugehalten bleibt, bis die Gefahr nicht mehr besteht.

Bei Anwendungen, die einen häufigen Zugriff erfordern, soll die Verriegelungseinrichtung so gewählt werden, dass sie das Öffnen und Schließen der Schutzeinrichtung möglichst wenig behindert. Auch hierbei sind jedoch der Verwendungszweck, die Anwendungsbedingungen, die Risikobeurteilung sowie die Nachlauf- und Zugriffszeit zu berücksichtigen.

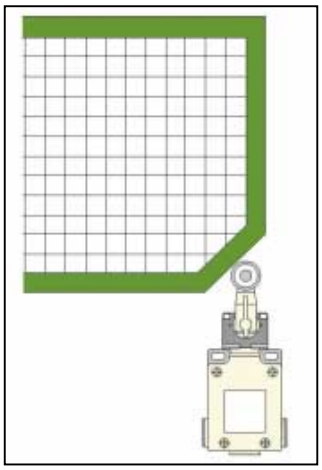
Mechanisch betätigte Schalter

Es gibt drei Arten mechanischer Betätigung:

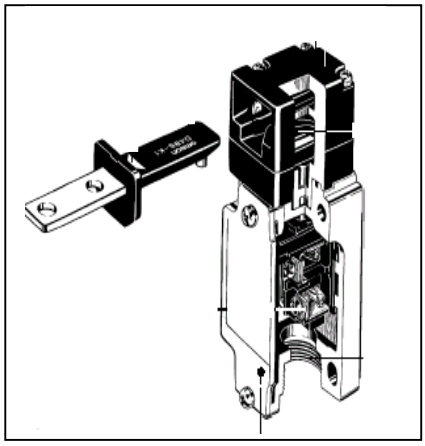
Nockenbetätigung

Wird nur ein Positionsschalter eingesetzt, sollten Öffner mit zwangsgeführten Kontakten verwendet werden, da sich der Schalter bei dieser Art der Betätigung u. a. nicht so einfach überlisten lässt.

Durch Kapselung von Nocke und Schalter in einem Gehäuse lässt sich ein noch besserer Schutz vor Überlistung realisieren.



Betätigung mit Betätiger



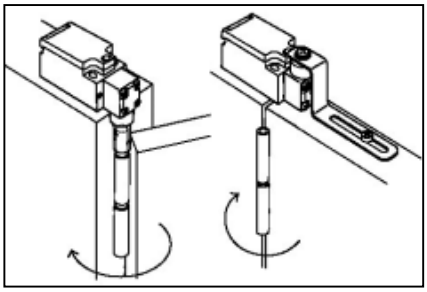
Bei einer Betätigung mit separatem Betätiger kann der Schalter nicht auf einfache Weise überlistet werden.
Jede Betätigung erfordert den speziellen Betätiger.

Diese Schalter können bei verschiebbaren, aufklappbaren und abhebbaren Schutzeinrichtung eingesetzt werden. Sie werden im Wesentlichen für Verriegelungseinrichtungen eingesetzt.
Nachteilig bei diesen Schaltern ist, dass sie durch einen nicht an der Schutzeinrichtung angebrachten Betätiger überlistet werden können.

Eine derartige Überlistung lässt sich auf verschiedene Weise erschweren:

- Mechanische Hindernisse und Abschirmungen, die die Einführung von separaten Betätigern in den Schalter verhindern.
- Dauerhafte Befestigung des Betätigers an der Schutzeinrichtung (z. B. durch Anschweißen, Nieten oder Verwendung von Einwegschrauben), um den Ausbau des Betätigers zu erschweren.

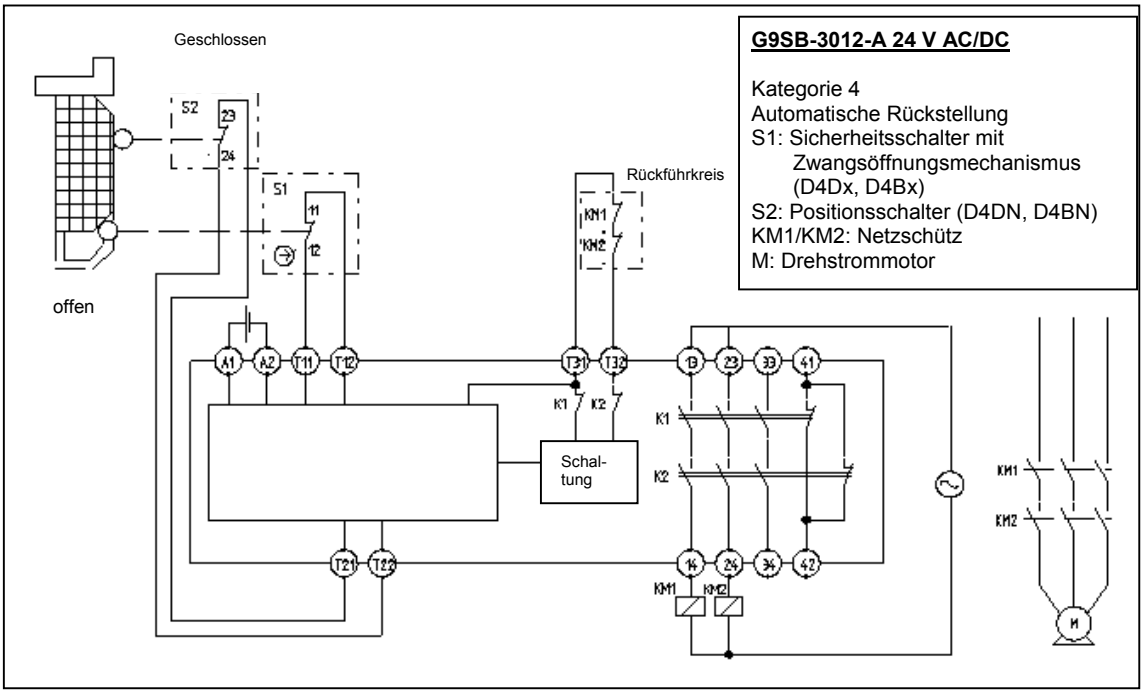
Scharnierbetätigung

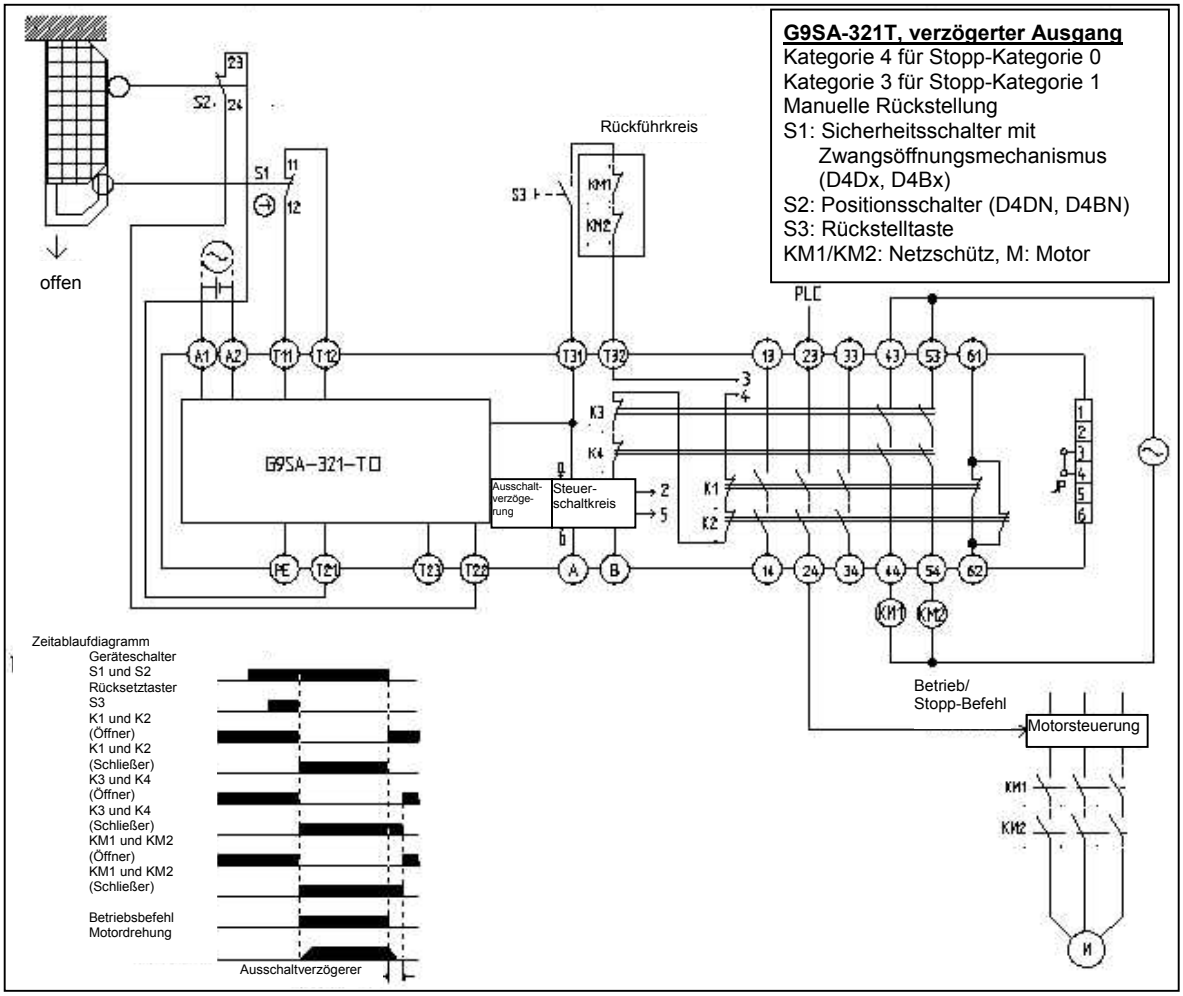


Scharnierschalter sind nur sehr schwer zu überlisten, was sie für die Anwendung bei Sicherheitstüren prädestiniert. Des weiteren lassen sich diese Schalter auch bei kleinen Schutzeinrichtungen einsetzen, bei denen Schalter mit Betätiger aufgrund des Einsteckradius des Betätigers nicht in Frage kommen. Bei sehr breiten Türen muss jedoch berücksichtigt werden, dass bei diesen Schaltern im Vergleich zu schmaleren Türen für denselben Öffnungswinkel eine sehr viel größere Bewegung der Tür erforderlich ist. Dies kann dazu führen, dass bei sehr breiten Türen bereits eine deutliche Lücke zwischen Tür und Rahmen entstehen kann, bevor der Schalter betätigt wird.

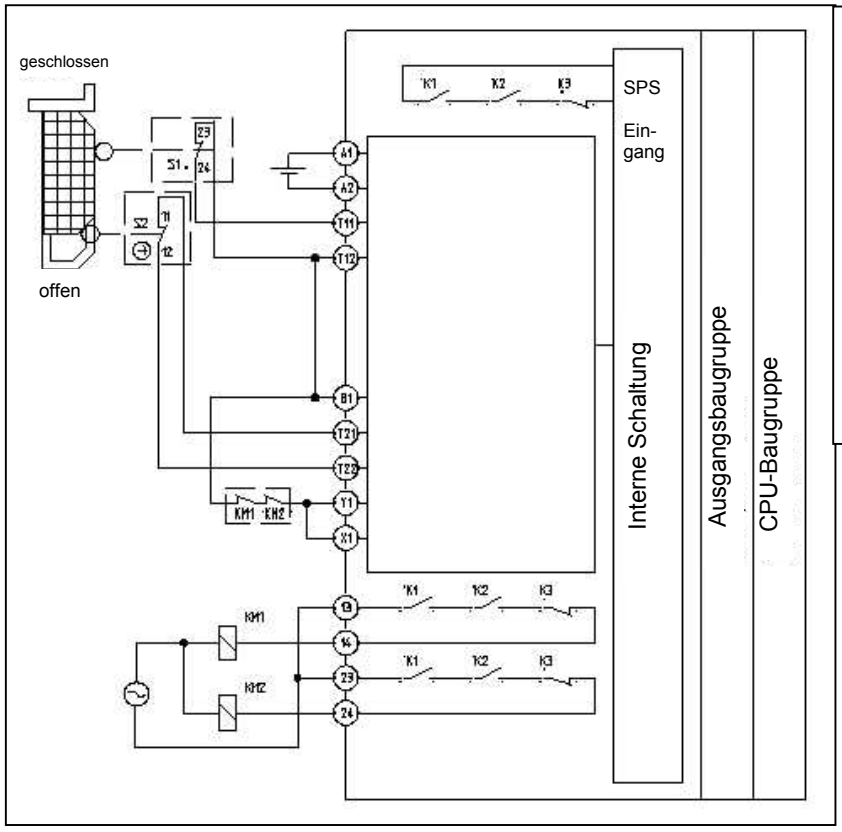
5.4 Schaltpläne

Im Folgenden finden Sie einige Beispiele für Türüberwachungseinrichtungen.





G9SA-321T, verzögerter Ausgang
Kategorie 4 für Stopp-Kategorie 0
Kategorie 3 für Stopp-Kategorie 1
Manuelle Rückstellung
S1: Sicherheitsschalter mit Zwangsöffnungsmechanismus (D4Dx, D4Bx)
S2: Positionsschalter (D4DN, D4BN)
S3: Rückstelltaste
KM1/KM2: Netzschütz, M: Motor



Sicherheitsmodul als SPS-Baugruppe CQM1-SF200, CS1W-SF200

Kategorie 4
Zweikanaleingang
Automatische Rückstellung
Vertauschungserkennung
S1: Positionsschalter (D4DN, D4BN)
S2: Sicherheitspositionsschalter, Schutztürenschalter mit Zwangsöffnungsmechanismus (D4Dx, D4Bx)
KM1/KM2: Netzschütz

(SPS-Baugruppen siehe Abschnitt 4.3.4)

5.5 Produkte für die Türüberwachung und -verriegelung

OMRON bietet eine breite Palette von Sicherheitspositionsschaltern und Sicherheitstürschaltern (mit oder ohne Zuhaltung) für die Überwachung und Verriegelung von Schutzeinrichtungen an.

Sicherheitspositionsschalter

D4D-N Sicherheitspositionsschalter (EN 50047)

- Schmaler, kostengünstiger Schalter mit Zwangsöffnungsmechanismus
- Kunststoffgehäuse mit Schutzisolierung, IP65
- Großer Temperaturbereich: -30 bis 70 °C
- Ausführungen mit einer oder zwei Kabeleinführungen (PG13,5, M20, G1/2)
- Entspricht den EN-Normen, CE-Kennzeichnung

D4B-N Sicherheitspositionsschalter (EN 50041)

- Metallgehäuse, Schutzklasse IP67
- Großer Temperaturbereich: -40 bis 80 °C
- Ausführungen mit einer oder drei Kabeleinführungen (PG13,5, M20, G1/2)
- Entspricht den EN-Normen, CE-Kennzeichnung

D4F Miniatur-Sicherheitspositionsschalter

- Metallgehäuse, Schutzklasse IP67
- Bis zu vier Sicherheitskontakte (Öffner)
- Mit konfektioniertem Kabel (1, 3 oder 5 m)
- Entspricht den EN-Normen, CE-Kennzeichnung

D4DH Scharnierschalter

- Kunststoffgehäuse mit Schutzisolierung, IP65
- Großer Temperaturbereich: -30 bis 70 °C
- Mit zwei Betätigertypen:
  - Welle
  - Hebelarm

Sicherheitstürschalter ohne Zuhaltung

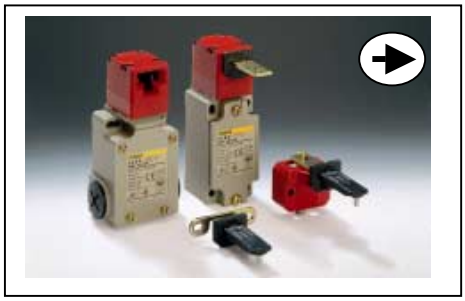
D4DS Sicherheitstürschalter

- Kunststoffgehäuse mit Schutzisolierung
- Betätigereinführung aus fünf Richtungen möglich
- Vier verschiedene Betätiger
- Großer Temperaturbereich: -30 bis 70 °C
- Zulassungen: UL, CSA, BIA und SUVA
- Entspricht den EN-Normen, CE-Kennzeichnung

Hinweis: Modelle mit Zwangsöffnungsmechanismus sind durch eine Pfeilmarkierung auf dem Schalter gekennzeichnet.

D4BS Sicherheitstürschalter

- Metallgehäuse, Schutzklasse IP67
- Ausführungen mit einer oder drei Kabeleinführungen
- Zulassungen: UL, CSA, BIA und SUVA
- Entspricht den EN-Normen, CE-Kennzeichnung
- Drei verschiedene Betätiger



Sicherheitstürschalter mit Zuhaltung

Hält die trennende Schutzeinrichtung geschlossen, bis die Maschine zum Stillstand gekommen ist.

D4DL/D4NL Sicherheitstürschalter mit Zuhaltung

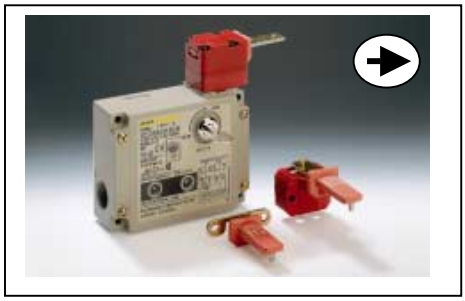
- Kunststoffgehäuse mit Schutzisolierung
- Drehbarer Kopf erlaubt Betätigereinführung aus vier Richtungen
- Hohe Zuhaltekraft (D4NL: 1.300 N)
- Zwei Funktionsprinzipien
  - Mechanische Zuhaltung / Magnetspulenentriegelung
  - Magnetspulenzuhaltung / Mechanische Entriegelung
- Entspricht den EN-Normen, CE-Kennzeichnung

D4GL Miniatur-Sicherheitstürschalter mit Zuhaltung

- Kunststoffgehäuse mit Schutzisolierung
- Drehbarer Kopf erlaubt Betätigereinführung aus vier Richtungen
- Hohe Zuhaltekraft: 1.000 N
- Zwei Funktionsprinzipien
  - Mechanische Zuhaltung / Magnetspulenentriegelung
  - Magnetspulenzuhaltung / Mechanische Entriegelung
- Entspricht den EN-Normen, CE-Kennzeichnung

D4BL Verriegelungsschalter mit Zuhaltung

- Robustes Aluminiumdruckgussgehäuse, Schutzklasse IP67
- Entspricht den EN-Normen, CE-Kennzeichnung
- Drei verschiedene Betätiger
- Zwei Funktionsprinzipien
  - Mechanische Zuhaltung / Magnetspulenentriegelung
  - Magnetspulenzuhaltung / Mechanische Entriegelung
- Zulassungen: UL, CSA, BIA und SUVA



Sicherheitsmodule

Für eine Schutztürüberwachung nach Kategorie 3 oder 4 (EN 954-1) muss die Schutzschaltung selbst überwacht werden. OMRON bietet für Einrichtungen dieser Art verschiedene Sicherheitsmodule an. Details zu diesen Modulen finden Sie in Abschnitt 4.5.

6.0 Zweihandschaltungen

Für den Schutz von Anwendern, die Gefahrenbereichen unmittelbar ausgesetzt sind und die Zugriff auf eine Gefährdungszone benötigen, empfiehlt sich eine Zweihandschaltung als angemessene Lösung.
Anders als trennende Schutzeinrichtungen, die eine Barriere zwischen Anwender und Gefährdung bilden, zwingen Zweihandschaltungen den Bediener, beide Hände auf den Stellteilen zu halten, solange die Maschine eine potenziell gefährliche Bewegung ausführt.

Definition nach EN 574 (1996) 3.1:
„Eine Einrichtung, die mindestens die gleichzeitige Betätigung durch zwei Hände erfordert, um den Betrieb einer Maschine einzuleiten und aufrecht zu erhalten, solange eine Gefährdung besteht, um auf diese Weise eine Maßnahme zum Schutz nur der betätigenden Person zu erreichen."

Zweihandschaltungen finden insbesondere bei hydraulischen (EN 693), mechanischen (EN 692) und pneumatischen Pressen (prEN 13736) Anwendung.

Zweihandschaltungen müssen sorgfältig und unter Einhaltung der Spezifikationen der Norm EN 574 konzipiert werden. Hauptaufgabe bei der Konzeption ist es, alle Möglichkeiten einer Überlistung der integrierten Sicherheitsfunktion auszuschließen.

6.1 EN 574 und EN 999

6.1.1 Grundlegende Anforderungen an Zweihandschaltungen nach EN 574

Die Norm EN 574 legt die Anforderungen an Zweihandschaltungen fest.
Sie definiert die in Tabelle 6.1 angegebenen Typen und erläutert die zugehörigen Anforderungen.

Anforderung nach EN 574	Typ I	Typ II	Typ III		
			A	B	C
Verwendung beider Hände (simultane Betätigung)	X	X	X	X	X
Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangssignal	X	X	X	X	X
Dauerbetätigung während der Gefährdungssituation	X	X	X	X	X
Verhinderung einer versehentlichen Betätigung	X	X	X	X	X
Überlistungssicherheit	X	X	X	X	X
Reinitialisierung des Ausgangssignals (nach der Freigabe beider Stellteile)		X	X	X	X
Synchrone Betätigung (innerhalb von 0,5 s)			X	X	X
Kategorie 1 nach EN 954-1	X		X		
Kategorie 3 nach EN 954-1		X		X	
Kategorie 4 nach EN 954-1					X

Tabelle 6.1 Typeneinordnung von Zweihandschaltungen und Mindestsicherheitsanforderungen

Eine der Hauptanforderungen an elektrische Zweihandschaltungen ist die synchrone Betätigung. Abbildung 6.1 illustriert dies.

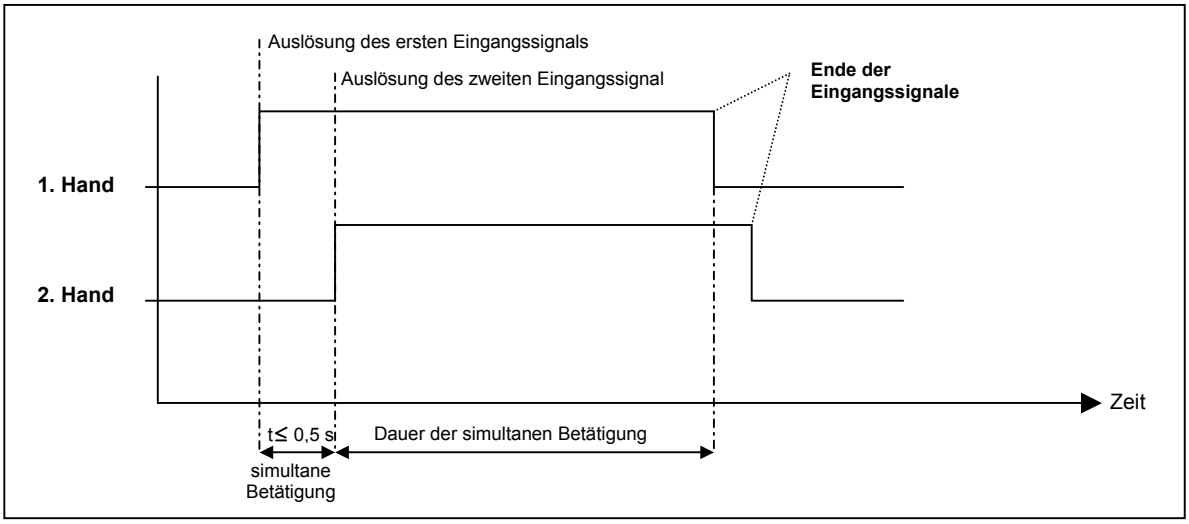
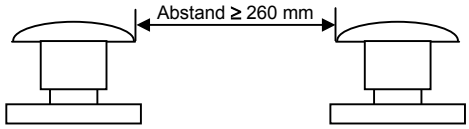


Abbildung 6.1 Simultane Betätigung einer Zweihandschaltung Typ IIIa/b/c

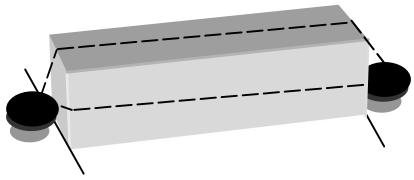
Die Norm EN 574 beschreibt detailliert, dass eine Zweihandsteuerung so konstruiert sein muss, dass diverse Überlistungsmöglichkeiten ausgeschlossen sind.
In Abschnitt 8 beschreibt die Norm die Verhinderung versehentlicher Betätigung und Überlistung.
Der normative Anhang A demonstriert verschiedene Messungen zur Prüfung der Überlistungssicherheit.

Ausschluss der Überlistung mit einer Hand

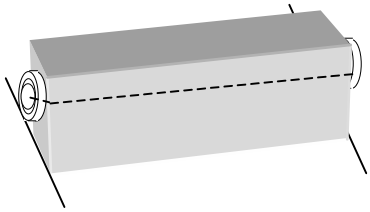
- Einhaltung eines Abstands von mindestens 260 mm (lichtes Maß) zwischen den beiden Stellteilen.



- Trennung der beiden Stellteile durch eine oder mehrere erhöhte Blenden o. ä., sodass die beiden Stellteile nicht gleichzeitig mit einer Schnur von 260 mm Länge (entsprechend der Spannweite der Hand) berührt werden können.

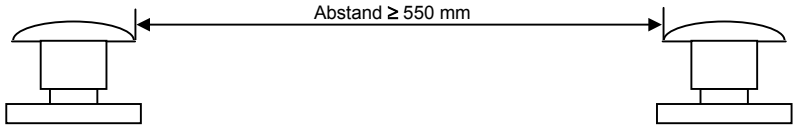


- Trennung der beiden Stellteile durch Abdeckungen und entsprechende Ausrichtung, sodass die beiden Stellteile nicht gleichzeitig mit einer Schnur von 260 mm Länge (entsprechend der Spannweite der Hand) berührt werden können.

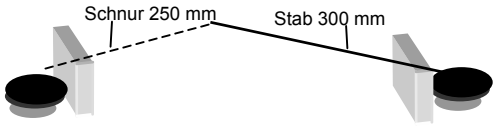


Ausschluss der Überlistung mit Hand und Ellbogen desselben Arms

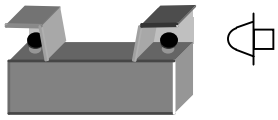
- Einhaltung eines Abstands von mindestens 550 mm (lichtes Maß) zwischen den beiden Stellteilen.



- Trennung der beiden Stellteile durch eine oder mehrere erhöhte Blenden o. ä., sodass die beiden Stellteile nicht gleichzeitig mit einer Messeinrichtung, bestehend aus einem Stab von 300 mm Länge und maximal 5 mm Durchmesser mit einer daran angebrachten Schnur von 250 mm Länge, berührt werden können. Der Stab, der den Unterarm simuliert, und die Schnur, die die Hand repräsentiert, müssen in allen möglichen Betätigungspositionen angelegt werden.

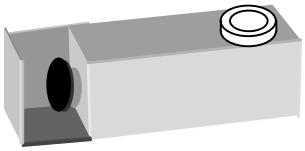


- Trennung der Stellteile durch Abschirmungen, die den Zugriff auf die Stellteile von allen Seiten so einschränken, dass eine Betätigung der Stellteile mit der Spitze eines den Ellbogen repräsentierenden Testkonus von keiner Seite her möglich ist. Die Abmessungen dieses Testkonus müssen Abbildung A7 der Norm EN 574 (1996) entsprechen.



- Verwendung verschiedenartiger Stellteile und/oder Betätigungsrichtungen.

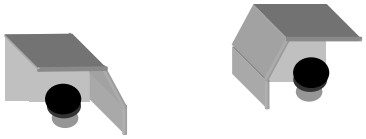
Konfigurationen dieser Art müssen mit Schnur, Stab/Schnur und Testkonus (abgeschirmte Stellteile) geprüft werden.



Ausschluss der Überlistung mit Unterarm(en) oder Ellbogen

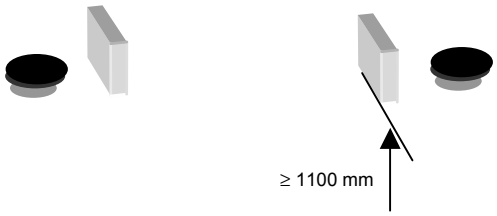
- Abschirmungen, die so gestaltet sind, dass eine Betätigung der Stellteile mit Unterarmen oder Ellbogen nicht möglich ist.

Konfigurationen dieser Art müssen mit dem Testkonus geprüft werden.



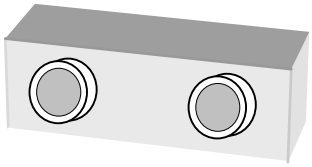
Ausschluss der Überlistung mit der Hand und anderen Körperteilen:

- Anordnung der Stellteile auf einer horizontalen oder nahezu horizontalen Fläche mindestens 1.100 mm über dem Boden oder dem Zugangsniveau.



- Anordnung der Stellteile auf einer vertikalen oder nahezu vertikalen Fläche mit Schutzabschirmungen und/oder Blenden um die Stellteile.

Konfigurationen dieser Art müssen mit dem Testkonus geprüft werden.



6.1.2 Berechnung des erforderlichen Sicherheitsabstands nach EN 999

Um auszuschließen, dass der Bediener in den Gefahrenbereich gelangen kann, bevor die gefährdende Bewegung der Maschine zum Stillstand gekommen ist, muss ein ausreichender Sicherheitsabstand vorgesehen werden.
Die Berechnung dieses Abstands muss nach Abschnitt 8 der Norm EN 999 (1998) erfolgen.

Der Mindestabstand für das dem Gefahrenbereich am nächsten liegende Stellteil wird nach folgender Formel berechnet:

S = (K x T) + C

wobei:

K = 1600 mm/s
C = 250 mm

S = Mindestabstand in Millimeter
K = Annäherungsgeschwindigkeit in Millimeter je Sekunde
T = Nachlauf- oder Anhaltezeit der Maschine in Sekunden
C = Zusatzabstand

Anmerkung: Können die Hände beispielsweise aufgrund entsprechender Abschirmung der Stellteile nicht auch nur zum Teil in Richtung Gefahrenzone bewegt werden, solange die Stellteile betätigt sind, kann C auch mit 0 mm angesetzt werden. Der absolute Mindestwert für S beträgt 100 mm.

Beispiel:

Ermitteln Sie die Ausschaltzeit T aller Komponenten des Systems (Steuerung, Schütze, Ventile usw.).
Diese Zeit sollte durch eine zusätzliche Ausschaltzeitmessung verifiziert werden.

Für T = 60 ms berechnet sich der Sicherheitsabstand dann wie folgt:

S = (1600 mm/s x 0,06 s) + 250 mm = **346 mm**

6.2 Anforderungen an Zweihandschaltungen

Der Maschinenrichtlinie 98/37/EG und der Norm EN 574 entsprechende Zweihandsteuerungen, die kein integraler Bestandteil der Maschine sind, müssen eindeutig und dauerhaft mit den folgenden Angaben beschriftet sein:

- Name des Herstellers und/oder des verantwortlichen Lieferanten
- Modell- oder Typenbezeichnung des Herstellers
- Seriennummer des Herstellers und Herstellungsjahr
- Typ (entsprechend EN 574, Abschnitt 4, Tabelle 1)
- Ansprechzeit

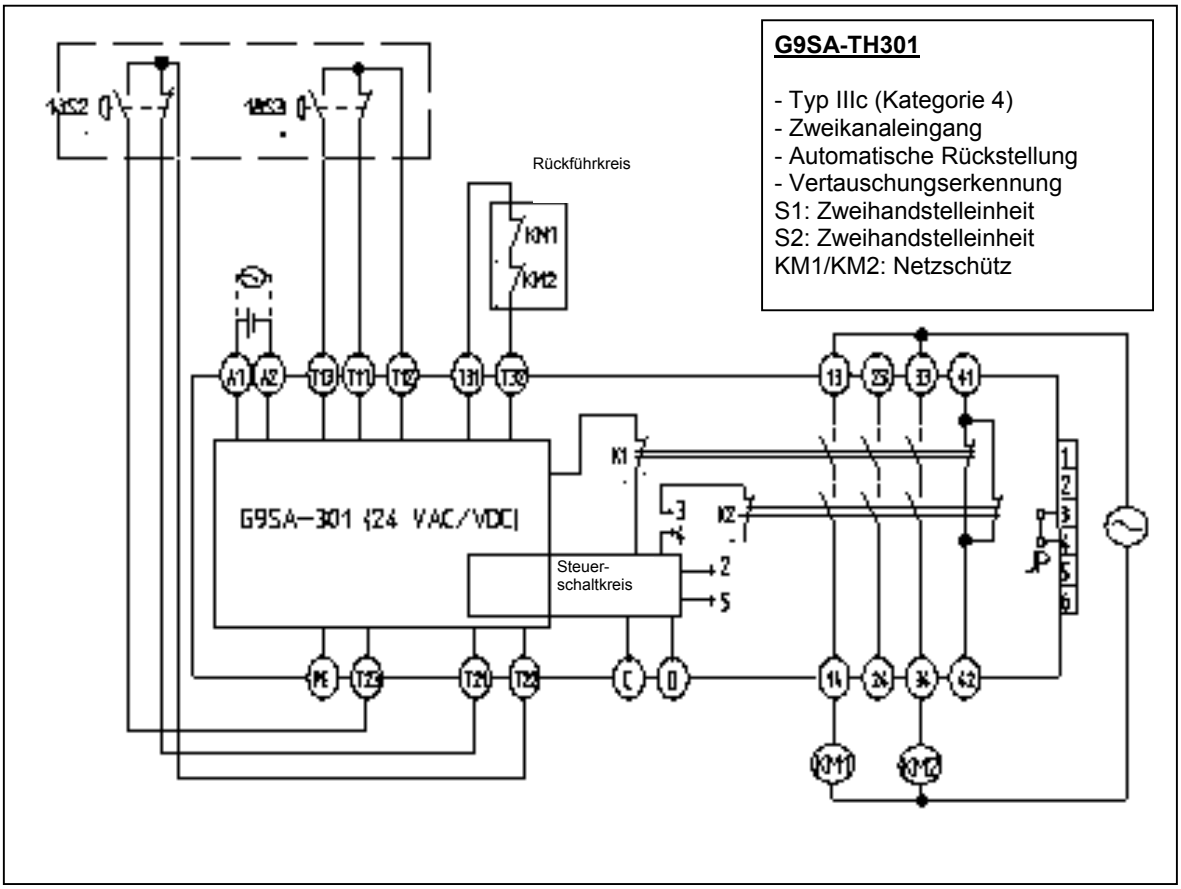
Besteht die Zweihandsteuerung aus mehreren separaten Modulen, muss mindestens eines dieser Module entsprechend gekennzeichnet sein. Alle Module müssen so gekennzeichnet sein, dass sie als Komponenten derselben Zweihandsteuerung erkennbar sind.

Bei der Maschinenrichtlinie 98/37/EG und der Norm EN 574 entsprechenden Zweihandsteuerungen, die integraler Bestandteil der Maschine sind, muss an der Maschine der Typ der Zweihandsteuerung (entsprechend EN 574, Abschnitt 4, Tabelle 1) angegeben sein. Weitere Anweisungen und technische Daten der Zweihandsteuerung müssen in das Maschinenhandbuch und das Bedienerhandbuch aufgenommen werden.

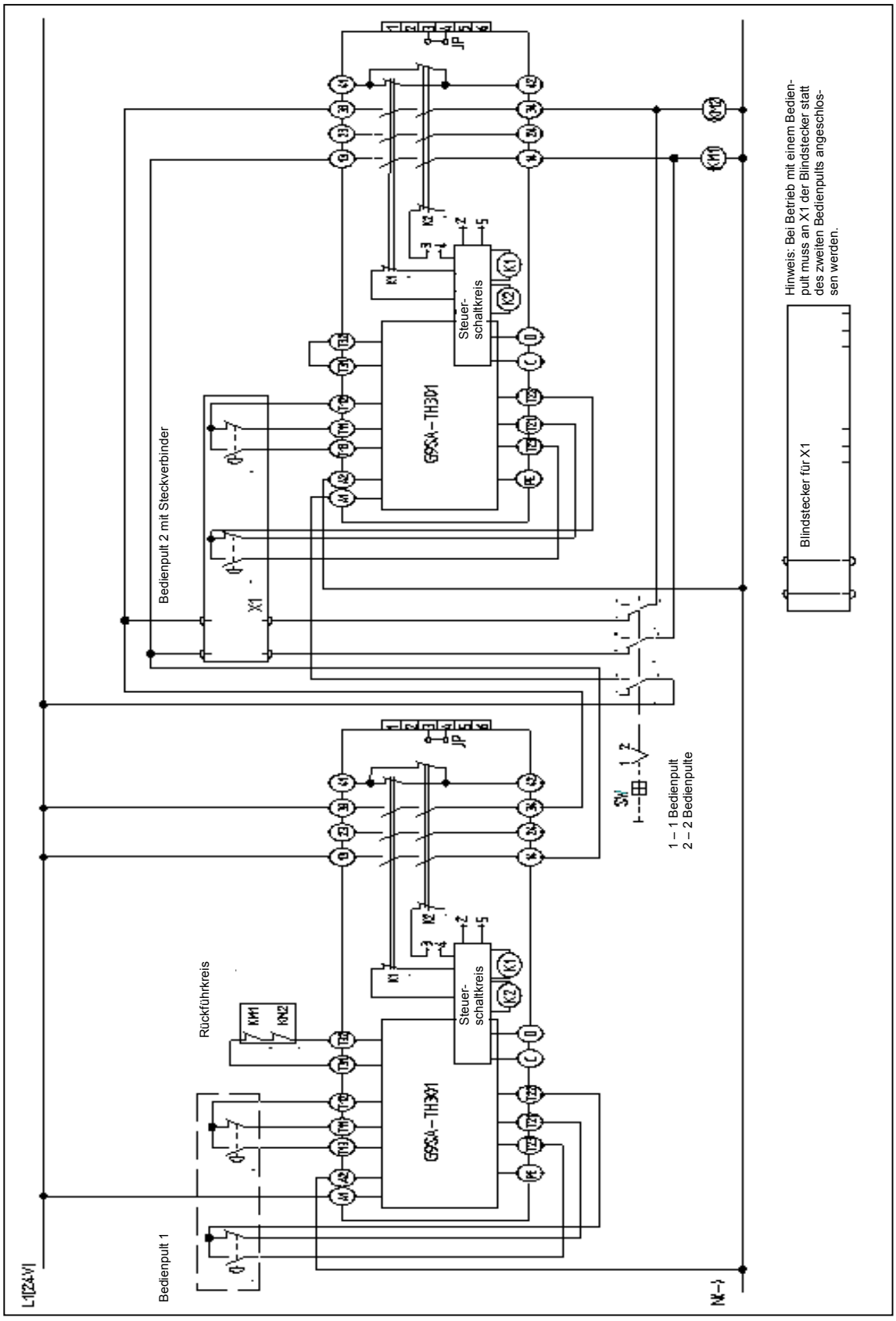
Komponenten einer Zweihandsteuerung müssen, falls erforderlich, für Wartungs- und Reparaturzwecke identifizierbar sein.

6.3 Schaltpläne

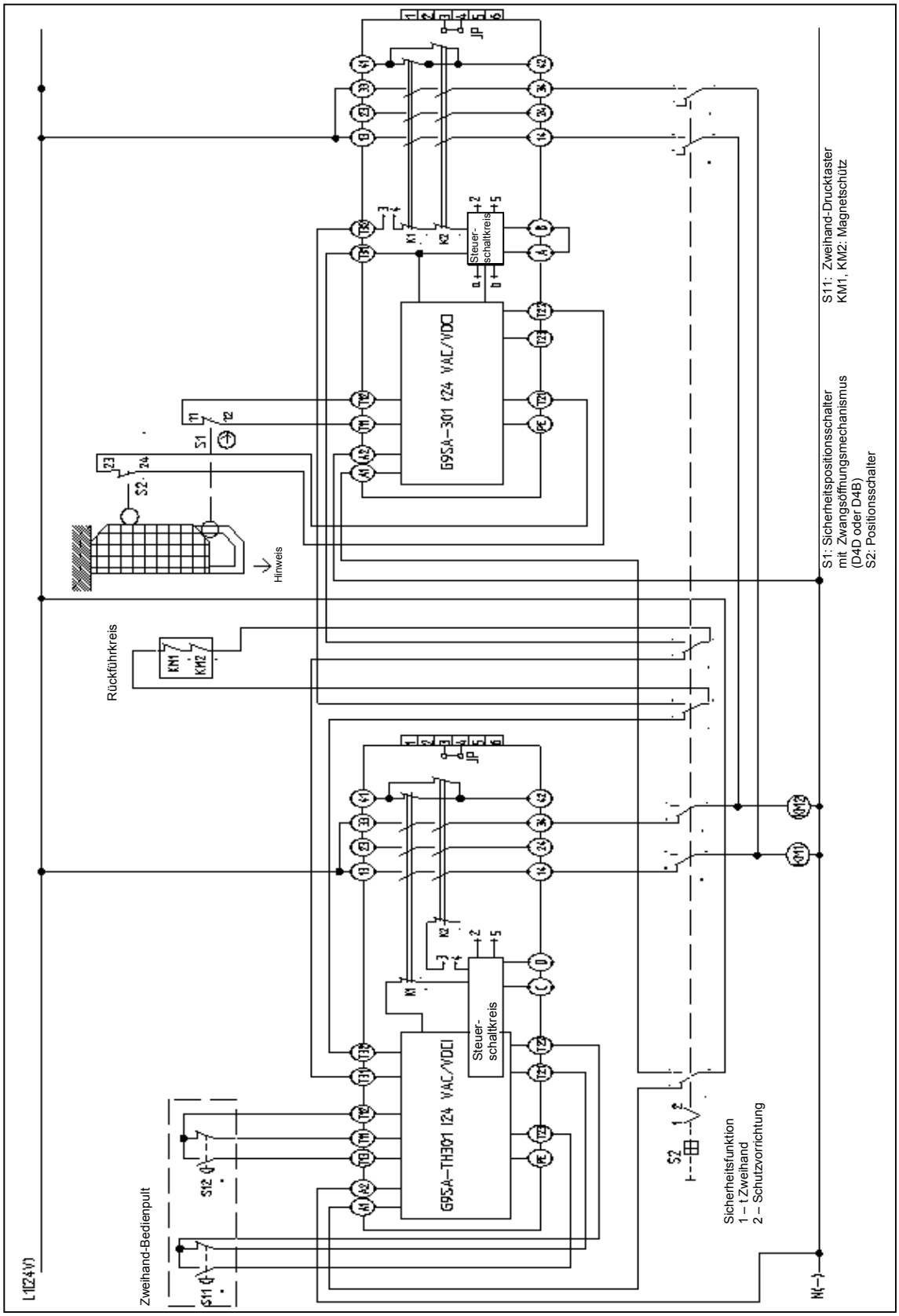
6.3.1 Standard-Zweihandsteuerung



6.3.2 Zweihandsteuerung mit Erweiterungsmöglichkeit für ein zweites Zweihandbedienpult



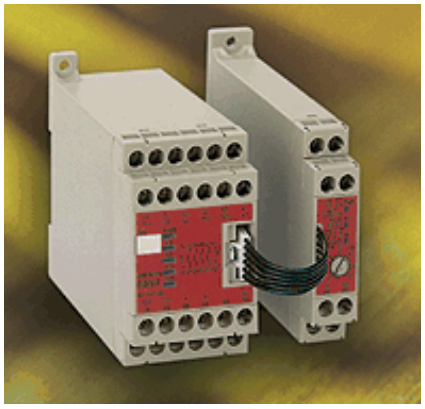
6.3.3 Zweihandsteuerung mit Erweiterungsmöglichkeit für einen Sicherheitstürschalter



6.4 OMRON Produkte für Zweihandschaltungen

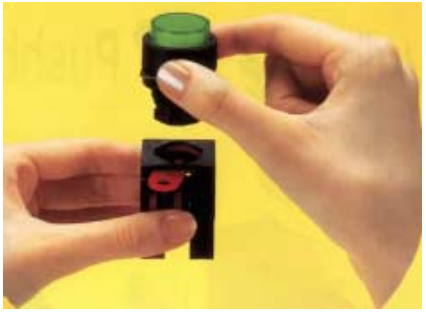
OMRON bietet eine große Auswahl an Sicherheitsprodukten für sichere und effiziente Lösungen.
Die folgenden Produkte eignen sich für den Einsatz in Zweihandsteuerungen:

G9SA-TH 301 Zweihand-Modul



- Typ IIIC (EN 574)
- Drei Sicherheitsausgangskontakte (einpolige Schließer)
- Ein Hilfskontakt (einpoliger Öffner)
- Ausführungen für 24 V AC/DC und 100 bis 240 V AC lieferbar
- Problemlos erweiterbar auf sechs Sicherheitsausgangskontakte und zwei Hilfskontakte
- Nur 45 mm breit
- 5 A Kontaktbelastbarkeit (Ohmsche Last)

A22 Drucktaster



- Einfache Montage und Demontage
- 22 mm Einbaudurchmesser
- Große Vielfalt an Betätigungstasten
- Schutz bis IP65

7. Lichtgitter

Lichtgitter kommen bei Installationen zur Anwendung, bei denen das Risiko von Personenschäden besteht. Sie bieten Schutz, indem sie die Maschine stillsetzen, bevor eine Person in eine Gefährdungssituation geraten kann.

7.1 EN 61496 und EN 999

Lichtgitter werden in den relevanten Normen EN 61496-1 und EN 61496-2 als ESPE (Electro Sensitive Protective Equipment, berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen) bzw. – wegen ihres Aufbaus mit Sender, Empfänger und Optik – als AOPD (Active Optoelectronic Protective Device, aktive optoelektronische Schutzeinrichtungen) bezeichnet.

Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen bestehen aus

- Sensoreinheit
- Steuerungs- und Überwachungseinheit
- Ausgangssignalschaltgerät (OSSD, Output Signal Switching Device)

Das OSSD ist die mit der Maschinensteuerung verbundene Komponente des Lichtgitters. Wenn die Sensoreinheit im normalen Betrieb durch Unterbrechung von Strahlen betätigt wird, schaltet das OSSD in den AUS-Zustand. Das OSSD kann als Sicherheitsrelais mit mechanischen Kontakten oder PNP- oder NPN-Transistorausgang ausgelegt sein.
Die Stillsetzungszeit eines solchen Systems ist die Zeitspanne zwischen der Betätigung der Sensoreinheit bis zum Stillstand der gefährdenden Bewegung. Diese Zeit T setzt sich aus mindestens zwei Komponenten zusammen: Der Ansprechzeit t_1 des Sensors und der maximalen Nachlaufzeit t_2 der Maschine. $T = t_1 + t_2$
Bedingt durch diese Stillsetzungszeit muss der Abstand zwischen Lichtgitter und Gefahrenbereich ausreichend groß gewählt werden, um Personenschäden auszuschließen.
EN 999 gibt eine allgemeine Formel für die Berechnung des Mindestabstands zwischen Lichtgitter und Gefahrenbereich an:

$$\mathbf{S = (K \times T) + C}$$

Hierbei ist:

S der Mindestabstand in *mm*
K die Annäherungsgeschwindigkeit des Körpers oder Körperteils in *mm/s*
T die Gesamtanhaltezeit des Systems in *s*
C ein zusätzlicher Abstand in *mm*, der berücksichtigt, wie weit der Körper oder Körperteile bereits in die Gefahrenzone eindringen können, bevor die Schutzeinrichtung betätigt wird

Die Norm EN 999 unterscheidet je nach Art der Annäherung an das Schutzfeld zwischen drei verschiedenen Fällen:

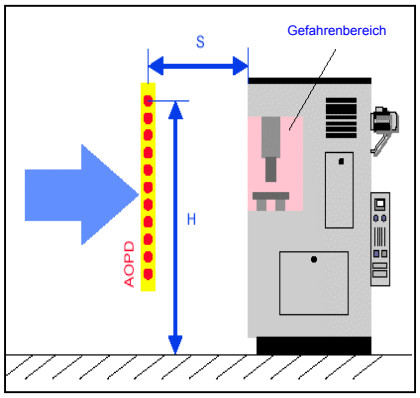
- Normale (vertikale) Annäherung

S = (2000 mm/s x T) + 8 x (d – 14 mm) (1)

d: Auflösung des Sensors in mm (d ≤ 40 mm)

S darf dabei nicht kleiner als 100 mm werden.
Ergibt Formel (1) für S einen Wert über 500 mm, kann stattdessen Formel (2) verwendet werden. Hierbei darf S jedoch nicht kleiner als 500 mm werden.

S = (1600mm/s x T) + 8 x (d – 14 mm) (2)



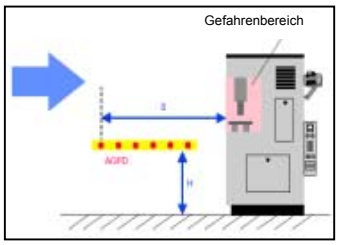
Bei Lichtgittern für bestimmte Anwendungen wie beispielsweise eine Taktsteuerung darf die Auflösung des Sensors max. 30 mm betragen. Der Mindestabstand S beträgt in diesem Fall 150 mm.

Sensoren mit einer **Auflösung zwischen 40 und 70 mm** dürfen nur eingesetzt werden, wenn im Rahmen der Risikobeurteilung festgestellt wird, dass eine Erfassung von Händen oder Fingern nicht erforderlich ist. In diesem Fall kann Formel (3) verwendet werden.

S = (1600 mm/s x T) + 850 mm (3)

Lässt die Risikobeurteilung die Verwendung von Einzelstrahlsensoren zu, kann Formel (4) verwendet werden.

S = (1600 mm/s x T) + 1200 mm (4)

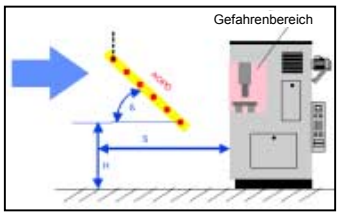


- Parallele (horizontale) Annäherung

S = (1600 mm/s x T) + (1200 mm – 0,4 x H) (5)

H bezeichnet die Höhe (in mm, max. 1.000 mm) des Schutzfeldes über dem Boden. Formel (6) dient zur Berechnung der Mindesthöhe des Schutzfeldes über dem Boden.

H = 15 x (d – 50mm) (6)



- Annäherung im Winkel

Beträgt der Winkel β mehr als 30°, so verwenden Sie eine der Formeln für die normale (vertikale) Annäherung, ansonsten die Formel für die parallele (horizontale) Annäherung.

Zusammenfassung

Allgemeine Formel		S = K x T + C
d ≤ 40 mm	100 mm ≤ S ≤ 500 mm	S = (2000 mm/s x T) + 8 x (d – 14 mm)
	S > 500 mm	S = (1600 mm/s x T) + 8 x (d – 14 mm)
40 mm < d ≤ 70 mm		S = (1600 mm/s x T) + 850 mm
Einzelstrahlsensoren		S = (1600 mm/s x T) + 1200 mm

7.1.1 Beispiele für die Berechnung des Sicherheitsabstands

Vor der Berechnung des Sicherheitsabstands müssen Sie sicherstellen, dass die anzuwendende Typ-C-Norm bzw. die Risikobeurteilung für die jeweilige Maschine die Verwendung des ausgewählten Sensors zulässt.

Beispiel 1:

Annäherung an das Schutzfeld:	normal (vertikal)	
Nachlaufzeit der Maschine (t_2):	60 ms	
Ansprechzeit der AOPD (t_1):	12,5 ms	(typischer Wert für das Sicherheitslichtgitter F3SN-A)
Auflösung des Sensors (d):	14 mm	Fingerschutz

S = (2000 mm/s x T) + 8 x (d – 14 mm)
S = (2000 mm/s x (0,06 s + 0,0125 s)) + 8 x (14 mm – 14 mm)
S = 145 mm

Beispiel 2: Gleiche Maschine, aber Auflösung der AOPD d = 30 mm (Handschutz):

S = (2000 mm/s x (0,06 s + 0,0125 s) + 8 x (30 mm – 14 mm)
S = 273 mm

Beispiel 3: AOPD mit vier Strahlen

Nachlaufzeit der Maschine (t_2):	300 ms	
Ansprechzeit der AOPD (t_1):	10 ms	(maximaler Wert für das Sicherheitslichtgitter F3SH-A)
Höhe der Lichtstrahlen über dem Boden:	300 mm, 600 mm, 900 mm, 1200 mm (EN 999, Abschnitt 6.1.4)	

S = (1600 mm/s x T) + 850 mm
S = (1600 mm/s x (0,3 s + 0,01 s) + 850 mm
S = 1346 mm

7.2 Finger- und Handschutzsysteme

Die Norm EN 999 propagiert folgende Strategie für die Auswahl der geeigneten AOPD:

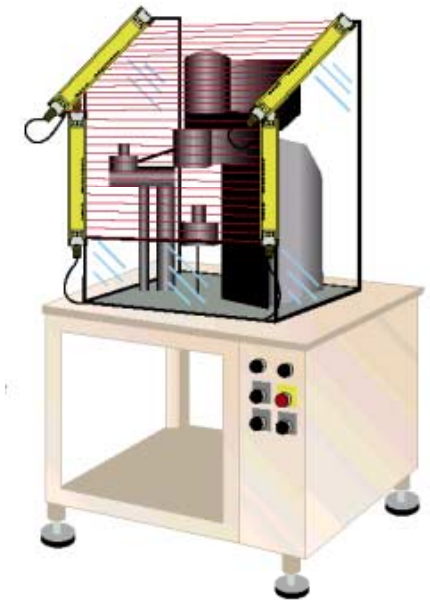
1. Gefährdungen identifizieren und Risiko beurteilen (siehe EN 292-1 und EN 1050)
2. Existiert eine Typ-C-Norm für die Maschine?
   Falls ja: Typ-C-Norm anwenden
   Falls nein: Auswahl der geeigneten AOPD entsprechend Typ-A- und Typ-B-Normen
3. Berechnung des Sicherheitsabstands nach EN 999
4. Berücksichtigung des Sicherheitsabstands in den Entwurf der Maschine
5. Zugang zum Gefahrenbereich ohne Erkennung durch die AOPD möglich?

Schutzfunktion:

Finger und Handschutz: Bediener in der Nähe des Gefahrenbereichs

Körperschutz: 1. Zugangsschutz: Anwesenheit des Bedieners im Gefahrenbereich ist immer erkennbar

2. Anwesenheitserkennung: Bediener muss immer erfassbar sein.



Fingerschutzsystem mit zwei in Reihe geschalteten Sicherheitslichtgittern F3SN-A P14

Ein Finger- oder Handschutzsystem besteht im Allgemeinen aus einem Sicherheitslichtgitter Typ 4 (bzw. Typ 2, sofern die Risikobeurteilung dies zulässt) und festen mechanischen Schutzeinrichtungen. Diese beschränken den Zugang zur Gefahrenzone auf das Schutzfeld.

Typische Auflösungen für Lichtgitter sind 14 mm für den Fingerschutz (dadurch entfällt der Zusatzabstand bei der Berechnung des Sicherheitsabstands) oder 25 bis 40 mm für den Handschutz.

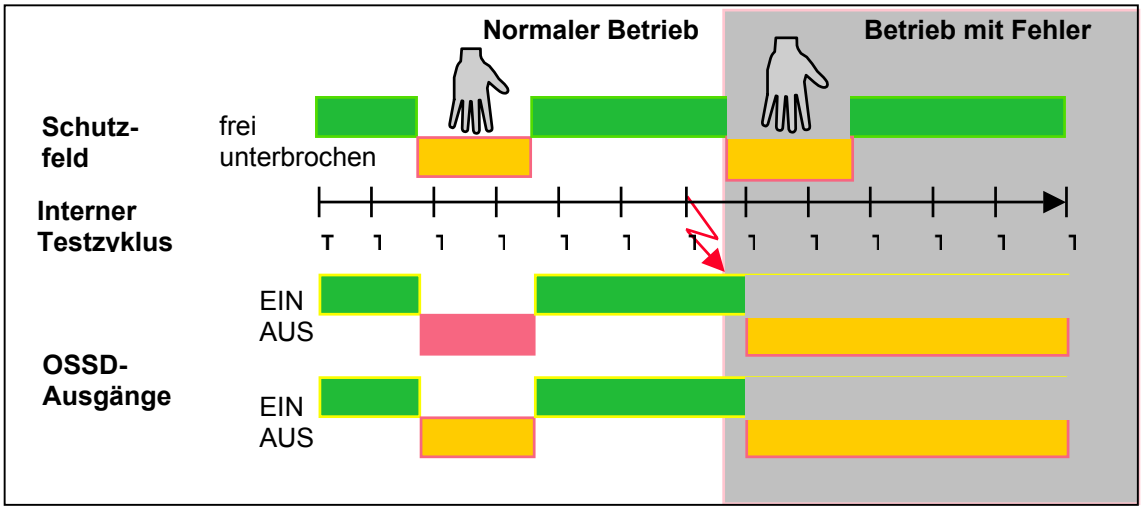
Die Installation des Lichtgitters wird auch durch die Abmessungen von Sender und Empfänger und die Flexibilität der Verbindung beeinflusst: Oftmals muss die Schutzfeldhöhe der Sensorhöhe (kein Totbereich) entsprechen und eine Reihenschaltung der Lichtgitter möglich sein.

7.2.1 AOPD Typ 4

Die Norm 61496-2 verlangt von AOPDs der Kategorie 4 eine Selbsttestfunktion.

- Beim Auftreten eines Fehlers muss das System sicher bleiben.
- Wird der erste Fehler nicht entdeckt, dürfen der zweite und der dritte Fehler zu keinem Verlust der Schutzfunktion führen.
- Die Dauer des internen Testzyklus muss kürzer als die Ansprechzeit des Schutzsystems sein.
- Das Sicherheitsniveau des Typs 4 entspricht der Steuerungskategorie 4 (EN 954-1).

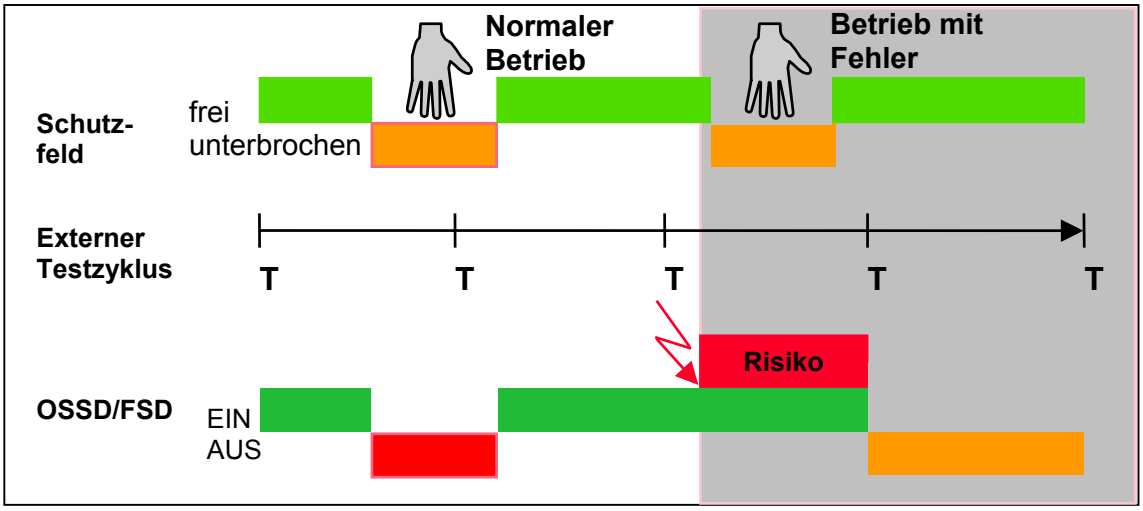
Weiterhin darf der Öffnungswinkel des optischen Kegels maximal ±2,5° betragen.



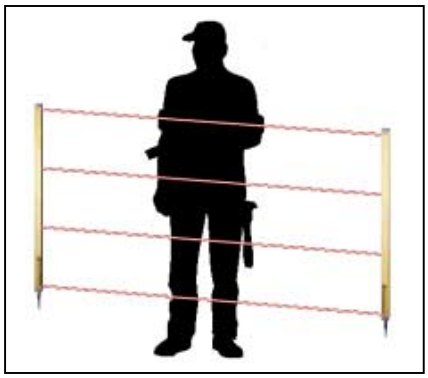
7.2.2 AOPD Typ 2

Die Norm EN 61496-2 verlangt bei AOPDs des Typs 2 eine Selbsttestfunktion.

- Beim Auftreten eines Fehlers erkennt das System diesen Fehler nach dem nächsten Testzyklus.
- Die Dauer des internen Testzyklus muss den Sicherheitsanforderungen entsprechen (max. 150 ms).
- Der Öffnungswinkel des optischen Kegels darf maximal ±5° von der Mittellinie betragen.
- Das Sicherheitsniveau des Typs 2 entspricht der Steuerungskategorie 2 (EN 954-1).



7.3 Körperschutzsysteme



Zur Erkennung des Eindringens des Körpers (statt einzelner Körperteile) in den Gefahrenbereich werden oftmals mehrere Einzelstrahlsensoren eingesetzt. Bei der Risikobeurteilung müssen die Möglichkeiten,

- unter dem untersten Strahl durchzukriechen.
- über den obersten Strahl zu greifen oder zu steigen,
- zwischen zwei Strahlen durchzugreifen und
- zwischen zwei Strahlen hindurch zu klettern

berücksichtigt werden.

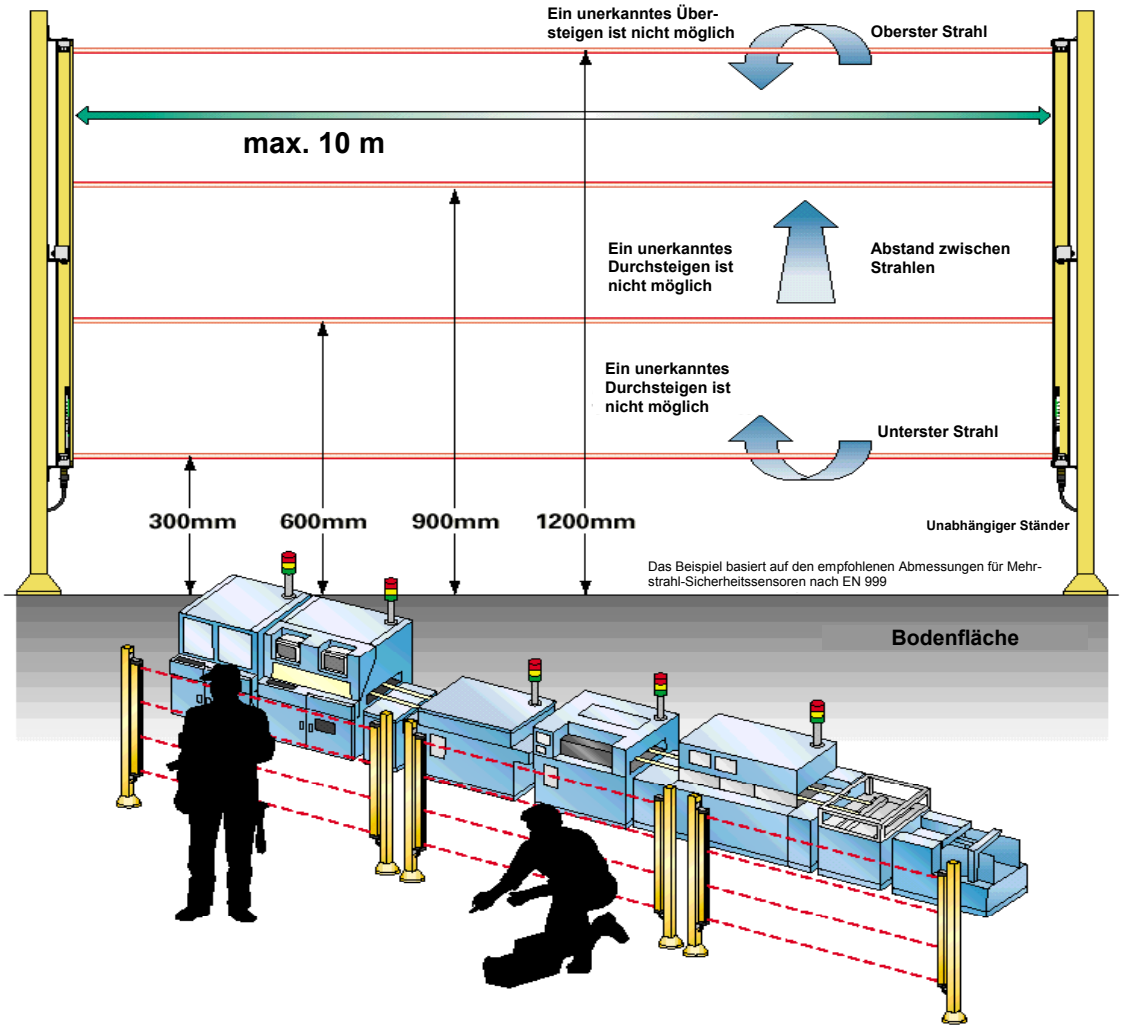
Die in der folgenden Tabelle angegebenen Höhen bei Verwendung von zwei, drei oder vier Strahlen haben sich in der Praxis bewährt.
Die Angaben stammen aus Abschnitt 6.1.4 der Norm EN 999. Die erforderliche Anzahl der Strahlen muss im Rahmen der Risikobeurteilung ermittelt werden.

Anzahl der Strahlen	Höhe über Boden (in mm)
2	400, 900
3	300, 700, 1100
4	300, 600, 900, 1200

Hinweis: Ein einzelner Strahl alleine ist für Schutzanwendungen nicht ausreichend

7.3.1 Mehrstrahlsensor Typ 4

Sie können die Anforderungen der Norm EN 999 erfüllen, indem Sie mehrere Einzelstrahlsensoren in vorgeschriebenen Höhen über dem Boden installieren. Sie können die Installation aber auch vereinfachen, indem Sie Mehrstrahlsensoren (z. B. das OMRON Mehrstrahl-Sicherheitslichtgitter F3SH) einsetzen, bei denen der Abstand zwischen den Strahlen bereits der Norm EN 999 entspricht.



7.3.2 Einzelstrahlsensoren Typ 2

Anwendungen des Typs 2 werden üblicherweise mit einzelnen optischen Sensoren realisiert.
Die erforderliche Anzahl dieser Sensoren (Strahlen) ergibt sich aus der Risikobeurteilung. Insbesondere bei Palettierern und Depalettierern (EN 415-4), bei denen nur ein sporadischer Zugriff erforderlich ist, wird häufig so verfahren.

Zur Gewährleistung der Schutzfunktion muss die Auswertung der Sensoren durch einen speziellen zugelassenen Controller erfolgen.
Die Konstruktion muss hinsichtlich der Verhinderung einer Umgehung oder Überlistung der Norm EN 999 entsprechen.

Optische Sensoren (M18) mit einer Reichweite bis zu 10 m sind für Anwendungen dieser Art bestens geeignet. Je nach Einsatzzweck haben Sie die Auswahl zwischen Ausführungen in Metall- oder Kunststoffgehäuse und mit Anschlusssteckern oder ankonfektioniertem Kabel.

7.4 Muting-Anwendungen

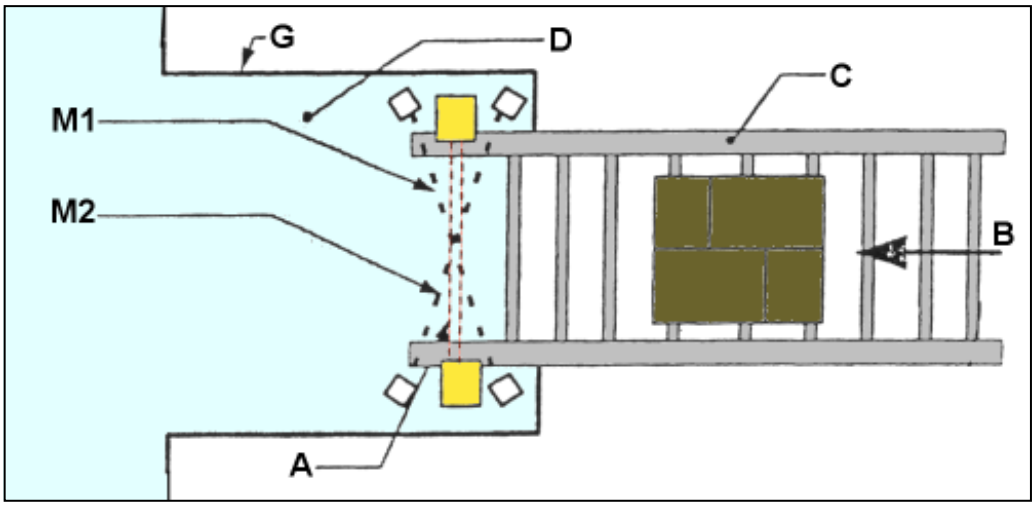
Die Norm EN 954-1 (Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen) definiert Muting als *zeitlich begrenzte automatische Überbrückung von Sicherheitsfunktionen durch die sicherheitsbezogenen Teile einer Steuerung*.

Muting-Anwendungen findet man sehr häufig bei optischen Sicherheitssensoren (berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS), z. B. Sicherheitslichtgitter). Die Norm EN 61496-1 legt die folgenden allgemeinen Anforderungen an Schutzsysteme dieser Art fest:

- Ist die Muting-Funktion aktiviert, befinden sich die Sicherheitsausgänge der BWS im EIN-Zustand, auch wenn die BWS aktiviert wurde.
- Die Muting-Funktion wird durch eine vordefinierte Folge von mindestens zwei Signalen aktiviert. Diese Signale müssen durch zwei oder mehr in der Nähe der BWS angebrachte und durch die Passage des durch die BWS transportierten Objekts aktivierte Muting-Sensoren (z. B. optische Sensoren, Positions- oder Näherungsschalter) erzeugt werden.
- Die Aktivierung der Muting-Funktion soll durch mindestens eine Leuchtanzeige angezeigt werden, die aus jeder Position in der Nähe der Gefahrenzone sichtbar sein muss.
- Jede Störung an den Muting-Eingängen oder der Leuchtanzeige und jede falsche Signalfolge muss erkannt werden und dazu führen, dass eine Aktivierung der Muting-Funktion verhindert wird.

Typ-C-Normen (siehe unten) enthalten detailliertere Anforderungen.
Die Muting-Funktion ist in automatischen Anlagen unverzichtbar, wenn Schutzfelder durch die Maschine oder andere Objekte (z. B. Paletten) unterbrochen werden müssen, ohne dass die Anlage dabei angehalten werden darf.

Ein typisches Beispiel hierfür sind Palettierer und Depalettierer. Die Palette muss das Schutzfeld ohne Behinderung des Prozesses passieren können, die Unterbrechung des Schutzfeldes durch eine Person hingegen muss zu einem sofortigen Stopp des Prozesses führen.



Anwendungsbeispiel (Palettierer)

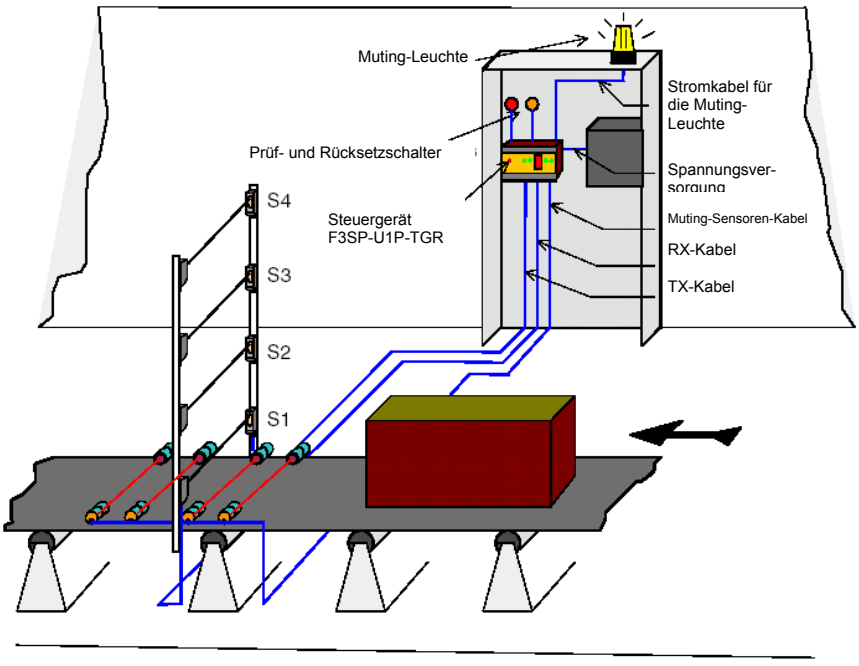
A: Sicherheitslichtgitter
B: Bewegungsrichtung der Palette
C: Förderanlage
D: Gefahrenbereich
G: Feste Schutzvorrichtungen
M1, **M2**: Muting-Sensoren (Einweglichtschranken)

Für Anwendungen dieser Art muss ein System konzipiert werden, das zwischen
- zugelassenen Objekten, die das Schutzfeld ungehindert passieren dürfen, und
- nicht zugelassenen Objekten (z. B. Personen) unterscheiden kann.

Muting-Funktionen können mit BWS des Typs 2 und 4 realisiert werden.
Die grundlegenden Anforderungen für eine bestimmte Anwendung sind in der entsprechenden Typ-C-Norm festgelegt. So legt beispielsweise die Norm EN 415-4 die folgenden grundlegenden Anforderungen für Palettierer fest:

- Die Muting-Funktion darf nur für eine **beschränkte Zeit** aktiviert sein, während der der Zugang zum Gefahrenbereich durch die Palette blockiert ist.
- Die Muting-Funktion muss vollautomatisch funktionieren, darf also von keinem manuellen Eingriff des Bedieners abhängen.
- Die Aktivierung der Muting-Funktion soll nicht auf ein einzelnes elektrisches Signal hin erfolgen. Mindestens **zwei unterschiedliche Signale** sind erforderlich.
- Die Aktivierung der Muting-Funktion darf nicht ausschließlich auf Softwaresignale hin erfolgen. Die Verwendung eines Softwaresignals in Kombination mit einem Hardwaresignal ist zulässig.
- Die Aktivierung der Muting-Funktion darf nur erfolgen, wenn die Muting-Signale in der richtigen **Reihenfolge** auftreten. Treten die Signale in der falschen Reihenfolge auf, muss die Maschine angehalten werden.
- Unmittelbar nach der Passage der erkannten Palette muss die Sicherheitsfunktion des Lichtgitters wieder in Funktion gesetzt, die Muting-Funktion also deaktiviert werden.
- Blockierungen innerhalb des Erfassungsbereichs (z. B. durch von der Palette gefallene Schachteln) führen zu einer Deaktivierung der Muting-Funktion und dem Anhalten der Maschine. Die Behebung der Blockierung erfordert einen manuellen Eingriff. Der Wiederanlauf der Maschine darf erst auf ausdrücklichen Bedienerbefehl erfolgen. Diese Funktion wird als **Override** bezeichnet.

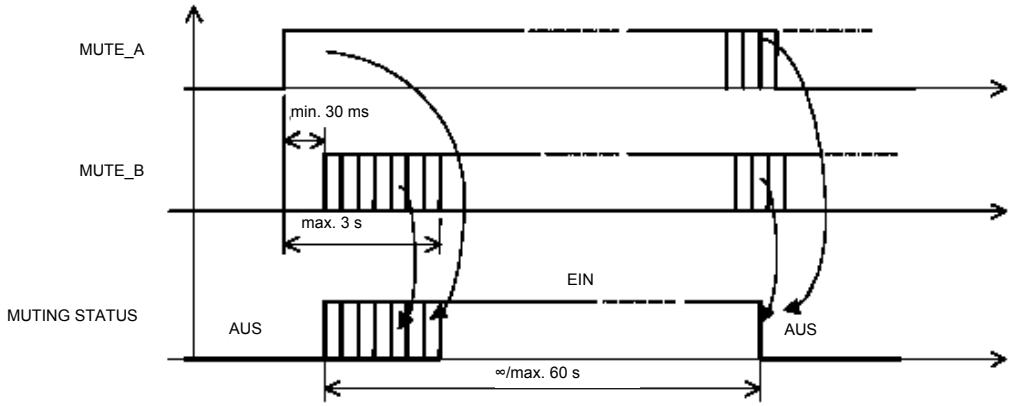
Die folgende Abbildung zeigt eine typische Anordnung der Muting-Sensoren, des Muting-Controllers, der Leuchtanzeige und der Befehlstasten.



Verdrahtung eines Lichtgitters mit Muting-Funktion

Vier externe Muting-Sensoren liefern Eingaben an den Muting-Controller. Nur die Aktivierung der Muting-Sensoren in einer bestimmten Reihenfolge aktiviert die Muting-Funktion.
In diesem Fall aktiviert die Palette auf ihrem Weg zuerst den ersten, dann den zweiten Muting-Sensor. Diese Signalfolge aktiviert die Muting-Funktion, die durch die gelb blinkende Muting-Leuchtanzeige angezeigt wird. Die Palette passiert die Sensoren und das Lichtgitter in einer Richtung. Die Muting-Funktion bleibt aktiviert, bis der erste der beiden letzten Muting-Sensoren deaktiviert wird. Zu diesem Zeitpunkt wird die Schutzfunktion des Lichtgitters wieder aktiviert.

Der OMRON Muting-Controller F3SP-U_P-TGR operiert mit zwei Muting-Signalen, die innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters auftreten müssen. Die folgende Abbildung illustriert dieses Konzept: Der zeitliche Abstand zwischen dem ersten (A) und dem zweiten (B) Muting-Signal darf maximal drei Sekunden betragen. Bedingt durch die Ansprechzeit des Muting-Controllers kann der zeitliche Abstand zwischen dem ersten (A) und dem zweiten (B) Muting-Signal nicht kürzer als 30 ms sein.



Zeitliche Abfolge der Muting-Signale

Die Dauer der Muting-Funktion ist normgemäß auf 60 Sekunden limitiert, jedoch kann diese Standardeinstellung auf eine unbeschränkte Dauer umgestellt werden.
Die Muting-Sensoren werden so angeordnet, dass keine Person, die versucht, Zugang zu erlangen, diese der Reihe nach und permanent aktivieren kann. Die Muting-Funktion wird daher nicht aktiviert und die Maschine stoppt, sobald das Lichtgitter unterbrochen wird.

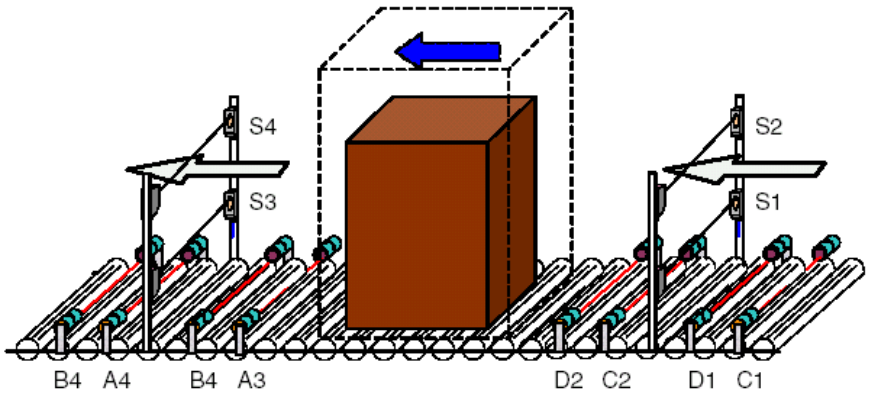
Im Allgemeinen wird die Muting-Funktion mithilfe eines externen Muting-Controller realisiert. OMRON bietet zwei verschiedene Typen von Muting-Controllern an:

- F3SP-U1P-TGR für Einzelstrahlsensoren wie E3FS
- F3SP-U2P-TGR für Sicherheitslichtgitter wie F3S-B und F3SN/H-A

Die Diagnosefunktion des Sicherheitssensors E3FS kann nur mithilfe des Controllers F3SP-U1P-TGR genutzt werden. Dieser Controller kann bis zu vier Sensoren miteinander verknüpfen.

Der Controller F3SP-U2P-TGR kann BWS des Typs 2 (z. B. F3S-B) und des Typs 4 (F3SN/H-A) um eine Muting-Funktion ergänzen.
Beide Controller sind mit zwei Muting-Funktionen ausgestattet. Diese Funktionen sind voneinander unabhängig und werden durch spezielle Eingänge (A-B und C-D) für die Muting-Sensoren aktiviert.

Die folgende Abbildung illustriert eine Anwendung, bei der eine Komponente einen Gefahrenbereich passiert, wobei Eingang und Ausgang des Gefahrenbereichs durch jeweils zwei Sicherheitssensoren E3FS (S1-S2 und S3-S4) mit jeweils vier Muting-Sensoren überwacht werden.



Beispiel mit zwei Lichtgittern aus jeweils zwei Einzelstrahlsensoren und vier Muting-Sensoren, gesteuert durch einen Muting-Controller F3SP-U1P-TGR.

Weitere Eigenschaften des Muting-Controllers sind die mitgelieferte, für die korrekte Funktion des Systems wesentliche Muting-Leuchtanzeige sowie die Override-Funktion, die durch gleichzeitiges Drücken zweier Tasten beim Einschalten des Controllers aktiviert wird.

7.5 Anwendungen mit Ausblendung

Feste Ausblendung

Bei manchen Anwendungen können Lichtgitter nicht ohne weiteres eingesetzt werden, beispielsweise weil Teile der Maschine in das Schutzfeld ragen. In diesen Fällen ist es hilfreich, einzelne Zonen aus dem Schutzfeld herausnehmen zu können. Mithilfe der Funktion *Ausblendung* kann festgelegt werden, dass bestimmte Strahlen des Lichtgitters nicht interpretiert, also aus dem Schutzfeld herausgenommen werden. Ein derartige Ausblendung wird als *feste Ausblendung* bezeichnet.
Die nicht durch das Lichtgitter geschützte freie Zone muss durch mechanische Schutzmaßnahmen geschützt werden.

Fließende Ausblendung

Bei einer fließenden Ausblendung bleibt der Ausgang des Lichtgitters im EIN-Zustand, auch wenn einzelne Strahlen unterbrochen werden. Anders als bei der festen Ausblendung, bei der nur eine bestimmte feste Zone nicht durch das Schutzfeld erfasst und anderweitig geschützt werden muss, ignoriert die fließende Ausblendung Objekte bis zu einer bestimmten, durch die zulässige Anzahl unterbrochener Strahlen vorgegebenen Größe. Dies entspricht einer Reduzierung der optischen Auflösung.

Diese reduzierte Auflösung des Lichtgitters muss bei der Berechnung des Sicherheitsabstands berücksichtigt werden (siehe nachstehende Tabelle).

Strahlabstand (mm)	Auflösung (mm)				Durchmesser nicht erfassbarer Objekte (mm)		
	0	1	2	3	1	2	3
9	14	23	32	41	4	13	22
15	25	40	55	70	5	20	35
30	40	70	100	130	20	50	80
60	70	130	190	250	50	110	170

7.6 Taktsteuerung (EN 61496, Anhang A, A8)

Müssen Werkstücke von Hand in eine Presse eingelegt und wieder entnommen werden, kann das Sicherheitslichtgitter nicht nur für Schutzzwecke, sondern auch für die Einleitung des Maschinenzyklus eingesetzt werden. Dies optimiert den Prozess und gewährleistet zugleich die erforderliche Sicherheit. Eine derartige Steuerung kann im Eintakt- oder im Zweitaktbetrieb erfolgen.

Eintaktbetrieb: Durch einmalige Unterbrechung und Freiwerden des Lichtgitters wird die Maschinenbewegung eingeleitet.

Zweitaktbetrieb: Durch zweimalige aufeinanderfolgende Unterbrechung und Freiwerden des Lichtgitters wird die Maschinenbewegung eingeleitet.

Hierbei muss eine Anlauf-/Wiederanlaufsperre eingesetzt werden.

Die Anlauftaste muss in folgenden Fällen betätigt werden:

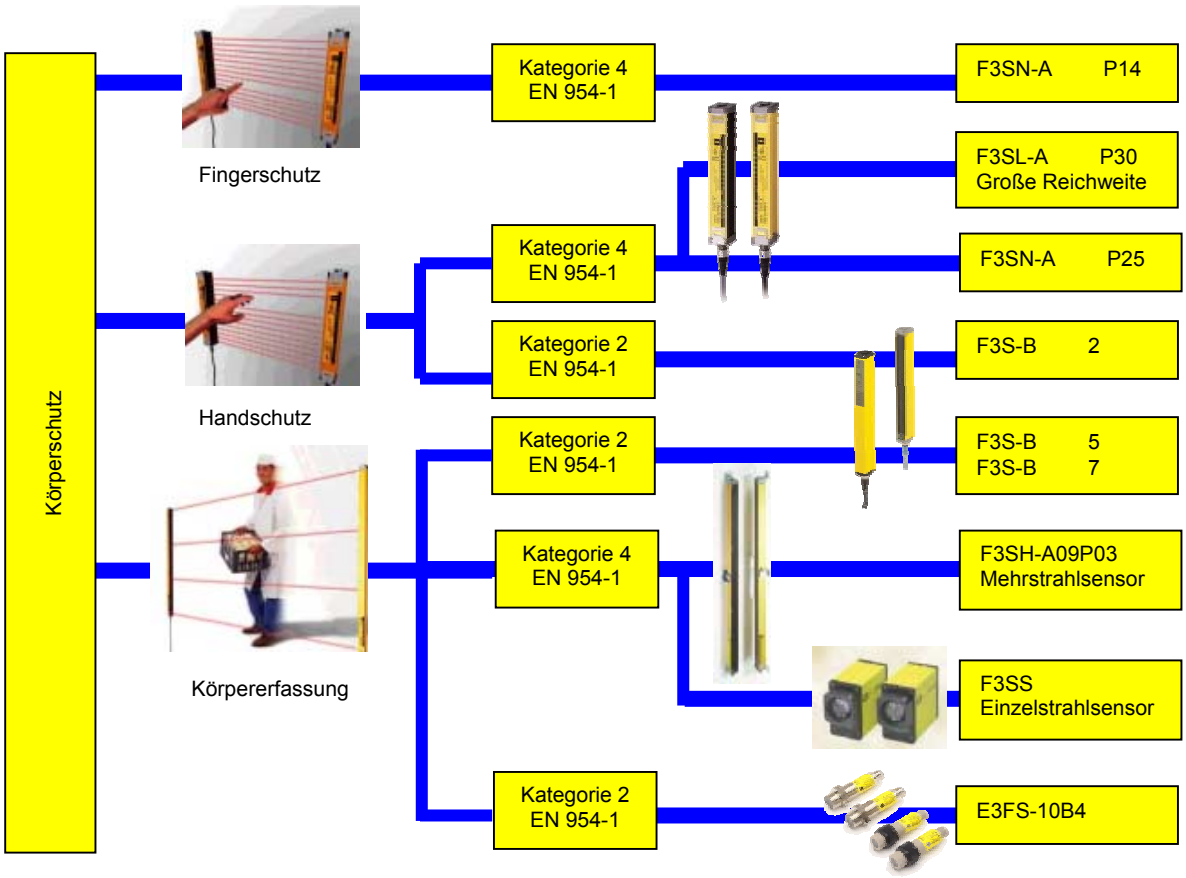
- Zum Starten der Maschine
- Zum Wiederingangsetzen der Maschine nach Unterbrechung des Lichtgitters während einer gefährdenden Bewegung
- Zum Wiederingangsetzen der Maschine nach Überschreiten der zulässigen Betriebszeit (30 s) bei Maschinen mit einer Zykluszeit von weniger als 5 s.

Eine Taktsteuerung ist nur für kleine Maschinen und Lichtgitter mit einer Auflösung von maximal 30 mm zulässig.
Stellen Sie stets sicher, dass der Gefährdungsbereich nur durch das Schutzfeld zugänglich ist und dass dieses durch den Bediener nicht umgangen werden kann.

7.7 Produkte für Sicherheitssensoranwendungen

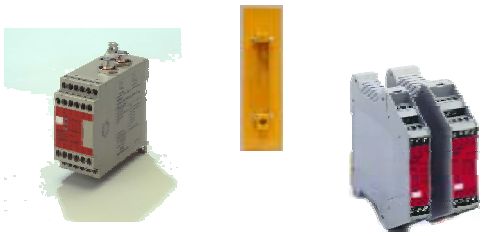
OMRON bietet eine große Auswahl an Sicherheitssensoren für den Schutz Ihrer Anwendung an.

Auswahlhilfe für OMRON Sicherheitssensoren



Für die verschiedenen Anwendungen ist eine Vielzahl von Zubehörteilen erhältlich:

- Umlenkspiegel für Rundumschutz
- Plug-&-Play-Controller F3SP-B1P
- Miniatur-Controller G9SB mit nur 17,5 bzw. 22,5 mm Breite
- Muting-Controller F3SP-U2P-TGR für die Sicherheitslichtgitter F3S-B, F3SN-A und F3SH-A
- Controller F3SP-U1P-TGR für den Test von und Muting-Anwendungen mit Einzelstrahlsensoren E3FS
- Handkonsole für F3SN-A und F3SH-A
- Schutzabdeckungen für F3SN und F3SH



8.0 Sichere Netzwerke

Bedingt durch den technischen Fortschritt ist heute auch eine sichere Datenkommunikation über serielle Netzwerke möglich. Für die Standardkommunikation stehen bereits verschiedene etablierte Netzwerke wie DeviceNet, ASI und Ethernet mit einem recht hohen Grad an Zuverlässigkeit zur Verfügung.

In der Vergangenheit war die Übertragung sicherheitsbezogener Informationen über ein Netzwerk nicht möglich. Bestimmte europäische und internationale Normen fordern nach wie vor eine „festverdrahtete" Realisierung von Schutzsystemen. Nach Überarbeitung dieser Normen wird stattdessen auch der Einsatz einer sicheren Datenkommunikation zulässig sein. Hauptforderung dabei ist, dass das System dieselbe Integrität und Sicherheit wie ein festverdrahtetes System bietet.

8.1 Sicherheitsnetzwerke und -bussysteme

Zur Gewährleistung eines angemessenen Sicherheitsniveaus müssen diese System so ausgelegt sein, dass sie alle möglichen Fehler erkennen können, damit kein unsicherer Systemzustand eintreten kann:

- Wiederholung von Nachrichten
- Verlust von Nachrichten
- Einfügung von Nachrichten
- Falsche Abfolge von Nachrichten
- Beschädigung von Nachrichten
- Verzögerung von Nachrichten
- Kopplung von Sicherheits- und Standardinformationen
- Kopplung von Sicherheits- und Sicherheitsinformationen

Um ein hohes Maß an Sicherheit und einen angemessenen „Safety Integration Level" (SIL) zu erreichen, müssen verschiedene Maßnahmen im Kommunikationsprotokoll implementiert sein:

- Zeitkontrolle durch Zeitstempel
- Identifizierung von Producer und Consumer
- Mehrfach-Prüfsummen (CRC)

Sichere Netzwerke werden in unterschiedliche Kategorien eingestuft:

1) Proprietäre Netzwerke, die sich im Besitz eines Unternehmens befinden und nur von diesem weiterentwickelt und unterstützt werden
2) Offene Netzwerke, die von einer Vielzahl von Unternehmen weiterentwickelt und unterstützt werden

A) Reine Sicherheitsnetzwerke, die nur für Sicherheitsfunktionen eingesetzt werden
B) Hybrid-Netzwerke, bei denen Standard- und Sicherheitsinformationen im selben Netzwerk transportiert werden

In der Vergangenheit wurden im Wesentlichen 1A-Netzwerke entwickelt und in Schutzanwendungen wie Presswerken eingesetzt. Seit einigen Jahren werden jedoch verstärkt offene Netzwerke vorgestellt und für Sicherheitsanwendungen eingesetzt (2A).

Sicherheitsnetzwerke bieten diverse Vorzüge und neuartige Funktionen:

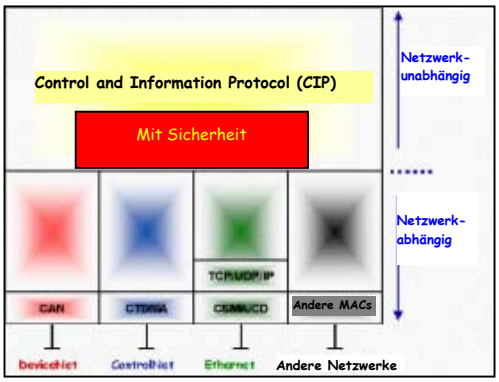
- Einfache Konzeption und Verdrahtung, dadurch geringerer Entwicklung- und Installationsaufwand
- Zusatzfunktionen erhöhen die Sicherheit der Anwendung
- Besserer Schutz der Sicherheitsmaßnahmen vor Überlistung oder Manipulation
- Höhere Transparenz – Der Zustand aller Sicherheitsgeräte kann leicht überwacht werden
- Möglichkeit zum Routen von Informationen in sicherheitsbezogenen Netzwerken (je nach System)

Sicherheitsnetzwerke können Sicherheit bis zur Sicherheitsstufe SIL 3 (EN 61508) bieten. Diese entspricht der Steuerungskategorie 4 (EN 954-1).

8.2 CIP Safety® / DeviceNet Safety®

„CIP“, Control Information Protocol, ist eine Applikationsschicht (ISO-Ebene 7) für DeviceNet, Ethernet IP und einige andere Bussysteme. 2002 stellten drei der größten Anbieter von Automationslösungen (OMRON, Rockwell Automation und Sick) die Sicherheitserweiterung CIP Safety vor. CIP Safety ermöglicht als erstes von einem bestimmten Medium unabhängiges Sicherheitsprotokoll offene Hybrid-Netzwerke.

Da die Rechte an der Technologie bei der ODVA (Open DeviceNet Vendor Association) liegen, handelt es sich bei diesem Netzwerk um ein echtes offenes System. Dies hat den Vorteil, dass eine Vielzahl unabhängiger Unternehmen Produkte und Dienstleistungen anbieten, die CIP und CIP Safety unterstützen.



DeviceNet Safety ist die Implementierung von CIP Safety für CAN-Netzwerke, Ethernet/ IP Safety wird in Kürze folgen.

Mit seinen Eigenschaften bietet CIP Safety eine einzigartige Kombination von Sicherheit und Produktivität:

- Koexistenz von Standard- und Sicherheitsgeräten am selben Bus
Standardgeräte dürfen keine störenden Auswirkungen auf die Funktionen der Sicherheitsgeräte haben,
Sicherheitsgeräte dürfen keine störenden Auswirkungen auf die Funktionen der Standardgeräte haben

- Ein und dasselbe Sicherheitsgerät unterstützt Standard- und Sicherheitsverbindungen

- Ungehindertes Routing von Sicherheitsmeldungen
Möglich mit allen CIP-Netzwerken
Sicherheitsprotokoll nur an den Endknoten
Sicherheitstransaktionen zwischen verschiedenen Netzwerken mittels Standard-Routern

- Das Protokoll verarbeitet kleine und große Sicherheitsdatenpakete
Zwei Paketformate:
Kurzformat: Maximal zwei Bytes Sicherheitsdaten
Langformat: Maximal 250 Bytes Sicherheitsdaten

Die Kommunikation kann über eine Vielzahl von Kanälen erfolgen:

- Controller-Kommunikation über eine Einzelverbindung
  Schnelle Sicherheitsdatenkommunikation zwischen Controllern und SPS
- Controller-Kommunikation über mehrere Verbindungen
  Hochentwickelte Kommunikation zwischen Controller und SPS über verschiedene Medien und Netzwerke
- Peer-to-Peer-Kommunikation über eine Einzelverbindung
  Schnelle direkte Kommunikation von einem Slave zu einem anderen innerhalb einer in einer komplexen Struktur liegenden Insel
- Peer-to-Peer-Kommunikation über mehrere Verbindungen
  Schnelle direkte Kommunikation von einem Slave zu einem anderen über verschiedene Medien und Netzwerke
- Peer-to-Peer-Kommunikation über Controller Logic
  Slave-Kommunikation mittels eines Controllers oder einer SPS für die Verarbeitung
- Multicasting-Kommunikation, bei der ein „Erzeuger“ eine Vielzahl von „Abnehmern“ anspricht (Limited Broadcast)

CIP Safety/DeviceNet Safety ermöglicht ein Hybrid-Sicherheitsnetzwerk der Stufe SIL3 (entsprechend Kategorie 4).

9.0 Glossar

Die europäischen Normen definieren technische Verfahren und Spezifikationen, die Konstrukteuren und Herstellern die sicherheitsgerechte Konstruktion von Maschinen für gewerbliche und private Zwecke erleichtern sollen. Sie können ebenfalls für andere technische Produkte mit vergleichbaren Gefahrenpotential angewandt werden.

9.1 Definitionen

Gefährdung
Eine Ursache für mögliche Verletzungen oder Gesundheitsschäden.

Gefährdungssituation
Jede Situation, in der eine Person einer Gefährdung oder Gefährdungen ausgesetzt ist.

Gefahrenbereich
Jeder Bereich in einer Maschine oder in ihrem Umkreis, in dem die Sicherheit oder die Gesundheit von Personen gefährdet ist.

Konstruktion einer Maschine
Aktivitäten, zu denen unter anderem eine Analyse der Maschine selbst gehört, die alle Phasen ihrer Lebensdauer berücksichtigt:

1. Bau
2. Transport und Inbetriebnahme
   - Zusammenbau, Installation
   - Rüsten
3. Nutzung
   - Einstellung, Teaching/Programmierung, Prozessumstellungen
   - Betrieb
   - Reinigung
   - Fehlersuche
   - Wartung

4) Stilllegung, Zerlegung und – sofern relevant – Entsorgung

Sicherheitseinrichtung
Jede Einrichtung (außer Schutzabsperrungen), die alleine oder im Zusammenhang mit Schutzabsperrungen ein Risiko eliminiert oder verringert.

Zustimmungsschalter
Zusätzliche manuell betätigte Stelleinheit, die gemeinsam mit einer Start-Stelleinheit verwendet wird und mit dieser gemeinsam betätigt werden muss, um eine Maschine in Gang zu setzen.

Sicherheitsabstand
Mindestabstand einer Schutzstruktur von der Gefahrenzone.

Direkter Kontakt
Kontakt von Personen oder Tieren mit Spannung führenden Teilen.

Indirekter Kontakt
Kontakt von Personen oder Tieren mit frei liegenden Leitern oder leitenden Teilen, die durch einen Fehler Spannung führend wurden.

Spannung führende Teile
Leiter oder leitende Teile, die im normalen Betrieb unter Spannung stehen. Dazu zählen auch Nullleiter, konventionsgemäß nicht jedoch PEN-Leiter.

Schutzeinrichtung mit Verriegelungseinrichtung
Trennende Schutzeinrichtung mit Verriegelungseinrichtung (z. B. Positionsschalter mit separatem Betätiger) mit folgenden Eigenschaften:

- Die durch die Schutzeinrichtung abgedeckten gefährdenden Maschinenfunktionen können nicht in Gang gesetzt werden, bevor die Schutzeinrichtung nicht geschlossen ist.
- Wird die Schutzeinrichtung während laufender gefährdender Maschinenfunktionen geöffnet, wird ein Stoppbefehl gegeben.
- Wird die Schutzeinrichtung wieder geschlossen, können die gefährdenden Maschinenfunktionen wieder in Gang gesetzt werden. Das Schließen der Schutzeinrichtung an sich setzt die Maschine jedoch nicht in Gang.

Schutzeinrichtung mit Verriegelungseinrichtung mit Zuhaltung
Trennende Schutzeinrichtung mit Verriegelungseinrichtung (z. B. Positionsschalter mit separatem Betätiger) mit Zuhaltung mit folgenden Eigenschaften:

- Die durch die Schutzeinrichtung abgedeckten gefährdenden Maschinenfunktionen können nicht in Gang gesetzt werden, bevor die Schutzeinrichtung nicht geschlossen und die Zuhaltung nicht aktiviert ist.
- Die trennende Schutzeinrichtung bleibt so lange geschlossen und die Zuhaltung so lange aktiviert, bis von den gefährdenden Maschinenfunktionen keine Verletzungsgefahr mehr ausgeht.
- Wird die Schutzeinrichtung wieder geschlossen und die Zuhaltung wieder aktiviert, können die gefährdenden Maschinenfunktionen wieder in Gang gesetzt werden. Das Schließen und Aktivieren der Zuhaltung der Schutzeinrichtung an sich setzt die Maschine jedoch nicht in Gang.

Zuhaltung
Einrichtung, die eine bewegliche Schutzeinrichtung (z. B. Schutztür) in der geschlossenen Position zuhält und so in das Steuerungssystem eingebunden ist, dass

- die Maschine nicht gestartet werden kann, bevor die Schutzeinrichtung geschlossen und die Zuhaltung aktiviert ist, und
- die Schutzeinrichtung zugehalten bleibt, bis die Gefahr nicht mehr besteht.

Direkte Betätigung (positive Betätigung)
Wenn die Bewegung einer mechanischen Komponente unweigerlich zur Bewegung einer zu dieser in direktem oder über starre Teile in Kontakt stehenden Komponente führt, spricht man von einer „direkten“ oder „positiven“ Betätigung der zweiten Komponenten durch die erste.

Zwangsöffnung
Die erzwungene Kontakttrennung als direktes Ergebnis einer festgelegten Bewegung des Betätigers des Schalters über nicht federnde Teile (EN 60947-5-1, Abschnitt 3.2.2 (1991): Spezielle Anforderungen an Stelleinheiten mit Zwangsöffnung).
Anmerkung: In hydraulischen Systemen nennt man dieses Konzept eine Zwangsunterbrechung.

Nachlaufzeit
Zeit bis zur Eliminierung der Gefährdung.
Die Zeitspanne von der Ausgabe des Stoppbefehls durch die Verriegelungseinrichtung bis zu dem Zeitpunkt, an dem die gefährdenden Maschinenfunktionen kein Risiko mehr darstellen.

Kategorie
Auf der Bauweise und der Zuverlässigkeit basierende Kategorisierung der sicherheitsbezogenen Teile einer Steuerung in Hinsicht auf ihre Ausfallsicherheit und ihr Verhalten bei einem Ausfall.

Muting
Zeitlich begrenzte automatische Überbrückung von Sicherheitsfunktionen durch sicherheitsbezogene Teile einer Steuerung.

Manuelle Rückstellung
Funktion der sicherheitsbezogenen Teile einer Steuerung zur manuellen Wiederherstellung bestimmter Sicherheitsfunktionen vor dem Wiederingangsetzen der Maschine.

9.2 Richtlinien und Normen

- **Richtlinien**

Niederspannungsrichtlinie:	73/23/EG	Erscheinungsdatum:	19.02.1973
EMV-Richtlinie:	89/336/EG 89/655/EWG (95/63/EG)	Erscheinungsdatum:	03.05.1989
Maschinenrichtlinie:	98/37/EG	Erscheinungsdatum:	22.06.1998

- **Normen**

EN 292-1: Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodik

EN 292-2: Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Technische Leitsätze und Spezifikationen

EN 954-1: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze

pr EN 954-2: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Validierung

EN 1050: Sicherheit von Maschinen – Risikobeurteilung

EN 61508: Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/ elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme
- Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- Teil 2: Anforderungen an sicherheitsbezogene elektrische/ elektronische/programmierbare elektronische Systeme
- Teil 3: Anforderungen an Software
- Teil 4: Begriffe und Abkürzungen
- Teil 5: Beispiele zur Ermittlung der Stufe der Sicherheitsintegrität
- Teil 6: Anwendungsrichtlinie für IEC 61508-2 und IEC 61508-3
- Teil 7: Anwendungshinweise über Verfahren und Maßnahmen

IEC 62061: (Entwurf) Sicherheit von Maschinen - Funktionale Sicherheit von elektrischen, elektronischen und programmierbaren Steuerungen von Maschinen

EN 418: Sicherheit von Maschinen – NOT-AUS-Einrichtung, funktionelle Aspekte – Gestaltungsleitsätze

EN 574: Sicherheit von Maschinen – Zweihandschaltungen, funktionelle Aspekte – Gestaltungsleitsätze

EN 999: Sicherheit von Maschinen – Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen

EN 1037:	Sicherheit von Maschinen – Vermeidung von unerwartetem Anlauf
EN 1088:	Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl
EN 60204-1:	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
EN 60947-1:	Niederspannungsschaltgeräte – Teil 1: Allgemeine Festlegungen
EN 60947-5-1:	Niederspannungsschaltgeräte – Teil 5-1: Steuergeräte und Schaltelemente – Elektromechanische Steuergeräte
EN 61496-1:	Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen
IEC 61496-2:	Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen – Teil 2: Besondere Anforderungen an Einrichtungen, welche nach dem aktiven opto-elektronischen Prinzip arbeiten
EN 81-1:	Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen – Teil 1: Elektrisch betriebene Personen- und Lastenaufzüge
EN 81-2:	Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen – Teil 2: Hydraulisch betriebene Personen- und Lastenaufzüge
EN 115:	Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Fahrtreppen und Fahrsteigen
EN 201:	Gummi- und Kunststoffmaschinen – Spritzgussmaschinen – Sicherheitsanforderungen
EN 415:	Sicherheit von Verpackungsmaschinen – Teil 4: Palettierer und Depalettierer
EN 692:	Mechanische Pressen – Sicherheit
EN 693:	Hydraulische Pressen – Sicherheit
EN 1010:	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen
EN 1501:	Abfallsammelfahrzeuge und die dazugehörigen Schüttungen – Allgemeine Anforderungen und Sicherheitsanforderungen Teil 1: Hecklader Teil 2: Seitenlader
pr EN 12622:	Sicherheit von Werkzeugmaschinen – Hydraulische Gesenkbiegepressen

9.3 Literatur und Links

In diesem Abschnitt finden Sie Quellenangaben für ergänzende und weiterführende Informationen zur Maschinensicherheit usw.

OMRON Interaktives Sicherheitshandbuch (englisch, deutsch, italienisch, spanisch)

Flash-Präsentation zu europäischen Gesetzen und Normen mit animierten Erläuterungen zu speziellen Funktionen (Muting, Ausblendung usw.)

Englischsprachige Quellen

Safety of machinery in Europe (englische Version)

Beuth Verlag GmbH, Berlin
Loseblattsammlung (3 Ordner) oder CD

BIA-Report 6/97e:
Categories for safety related control systems in Accordance with EN 954-1
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG)
ISBN 3-88383-528-5, (www.hvbg.de)

http://standards.ieee.org	IEEE Standards Association
http://www.iec.ch	International Electrotechnical Commission
http://www.iso.ch/iso/en	ISO (International Organization for Standardization)
http://www.cenelec.org/	CENELEC - European Committee for Electrotechnical Standardization
http://www.cenorm.be/	CEN - The European Committee for Standardization
http://europa.eu.int/comm/enterprise/newapproach/standardization/harmstds/reflist/machines.html	Harmonierte Normen / Maschinenrichtlinie
http://europa.eu.int/comm/enterprise/newwapproach/ standardization/harmstds/index	Europäische Komission, harmonisierte Normen
http://www.eotc.be	European Organisation for Conformity Assessment
http://www.newapproach.org	Harmonisierte europäischen Normen nach dem „neuen Ansatz“
http://www.osha.gov	US Department of Labor – Occupational Safety & Health Administration
http://www.tuvam.com/home.cfm	TÜV Amerika
http://www.ul.com	Underwriters Laboratories Inc.
http://www.bsi-global.com/index.html	British Standards Institution

Deutschsprachige Quellen

Leitfaden Maschinensicherheit in Europa (deutsche Version)

Beuth Verlag GmbH, Berlin

Loseblattsammlung (4 Ordner) oder CD (zweisprachig)

CD-ROM: Was? - Wie? – Wo?

Bestellnummer:	BG-2000
Herausgeber:	Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft

Sichere Maschinen in Europa

Verlag Technik & Information, Bochum

ISBN 3-928535-10-2

BIA-Report 6/97:

Kategorien für sicherheitsbezogene Steuerungen nach EN 954-1

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG)

ISBN 3-88383-445-9

www.beuth.de	Beuth Verlag GmbH, Normen und Richtlinien
www.ce-richtlinien.de	Informationen zur CE-Kennzeichnung und zu EU-Richtlinien
http://europa.eu.int	Europäische Kommission
www.kan.de	Kommission Arbeitschutz und Normung
www.vde.de	Verband der Elektrotechnik
www.hvbg.de	Hauptverband der Berufsgenossenschaften
www.tuevit.de	TÜV Informationstechnik GmbH
www.tuev-sued.de	TÜV Süddeutschland
www.zvei.de	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronik-industrie

Italienischsprachige Quellen

http://www.img.it	IMQ
http://www.ceiuni.it/	CEI Comitato Elettrotecnico Italiano
http://www.tuv.it/	TÜV Italien
http://www.qec.it/gazzette/guce	Q&C - Ultime notizie dalla UE
http://catalogo.uni.com/catalogo/	Il catalogo UNI On-Line
http://www.inail.it/	INAIL Istituto Nazionale Assicurazioni controgli Infortuni sul Lavoro
http://www.ispesl.it	ISPESL Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro